

631
С 74
СПРАВОЧНИК

ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

И

ЭЛЕКТРИФИКАТОРА

В

*СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ*



СЕЛЬХОЗГИЗ • 1934

04
с 74

КОНТРОЛЬНЫЙ
СПРАВОЧНИК

электромонтерам
и электрификаторам
в сельском хозяйстве

№ _____

СОСТАВИТЕЛИ ИНЖЕНЕРЫ: Москва

Боков В. В., Будзко И. А.,
Жданов В. С., Захарин А. Г.,
Краснов В. С., Краснов А. А.,
Левин Е. З., Протопопов Б. А.,
Сейма Н. П., Сроделов С. М.,
Шуотов В. А., Фельдман В. А.,
Зверев К. Е., Рогов Г. А.

155024

0747

0110

~~ПОДЛЕЖИТ ВОЗВРАЩЕНИЮ~~
~~ПОДЛЕЖИТ ВОЗВРАЩЕНИЮ~~
Институт развития
сельского хозяйства
Москва

Республиканская
научно-техническая
библиотека

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО КОЛХОЗНОЙ
и совхозной литературы
Москва 1934 Ленинград

В книге даны справочные сведения по основным законам электротехники, электрическим измерениям, электротехническим материалам, аппаратуре, машинам, с.-х. электрическим станциям, светотехнике, монтажу, электроприводу, электрификации полеводства, животноводства и других отраслей сельского хозяйства. Материал изложен кратко, но охватывает почти весь комплекс вопросов в электрификации.

Справочник предназначен для высококвалифицированного монтера, техника электрика, старшего механика МТС и совхоза, занимающегося электрификацией сельского хозяйства.

Инд. 15-В, Сельхозгиз № 4279 Москва, 1934 г. Редактор **Д. Меерков** и **М. Портнов**. Технический редактор **А. Федотова**. Корректор **В. Фе. ре**. Сдано в набор 16/XII—33 г. Подписано к печати 16.VII—34 г. Формат бум. 72x105/32. Печ. л. 19¹/₂, авт. л. 17¹/₂. Знаков в печ. л. 84.500. Уполн. Главлита Б 38481. Тираж 25 000. Типо-литография им. Ворожского, ул. Дзержинского, 18. Н. 1004.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Жесточайший кризис, охвативший все капиталистические страны, вызвавший к жизни теорию отказа от машинной техники и возврата к первобытному ручному труду, на десятилетия отбросил назад развитие хозяйства капиталистических стран. В то же время Советский союз достиг колоссальных успехов во всех областях народного хозяйства, благодаря чему «создана собственная база для завершения реконструкций всего народного хозяйства.

Количественный рост и увеличение мощности электростанций Советского союза привели к тому, что электроэнергия все больше и больше отпускается для нужд сельского хозяйства.

К началу сентября 1933 г. по Советскому союзу работало 944 электромотоильных пункта, а в 1934 г. намечено пустить в ход свыше 6 000 таких пунктов.

Украинским филиалом ВЛЭСХа на острове Хортица (возле Днепрогэса) успешно проводятся опыты электропахоты. Кроме этого мы имеем применение электричества в животноводстве и других областях сельского хозяйства.

Естественно, что поэтому со стороны командиров сельского хозяйства — старших механиков МТС и совхозов, старших агрономов, директоров, техников-электриков и низовых работников — все больше и больше предъявляются требования на литературу по электрификации сельского хозяйства.

Отвечая назревшей необходимости, Сельхозгиз издает настоящий справочник, предназначенный для высококвалифицированных монтеров, техников, механиков совхозов и МТС, занимающихся вопросами электрификации сельского хозяйства.

При издании такого рода справочника естественно возникли трудности, так как электрификация сельского хозяйства делает свои первые шаги.

Считая, что в улучшении такого рода справочников должны принимать участие широкие массы технических работников совхозов и МТС, занимающиеся вопросами электрификации сельского хозяйства, редакция просит всех пользующихся данным справочником присылать свои замечания, соображения, желательные дополнения и изменения в Сельхозгиз, для того чтобы последующее издание справочника могло наиболее полно охватить все вопросы электрификации сельского хозяйства и таким образом полностью удовлетворить требованиям работников с.-х. электрификации.

Письма просьба посылать по адресу: Москва, Никольская, 10, Сельхозгиз.

Редакция

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ
ОБЩИЙ ОТДЕЛ

ТАБЛИЦЫ НЕКОТОРЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

§ 1. Лошадиные силы в киловаттах и киловатты в лошадиных силах. Под знаком *N*—единица переводимой мощности, справа дано ее значение: в первой графе в *kW*, во второй в л. с.

<i>N</i>	<i>kW</i>	л. с.	<i>N</i>	<i>kW</i>	л. с.	<i>N</i>	<i>kW</i>	л. с.	<i>N</i>	<i>kW</i>	л. с.
1	0,74	1,36	26	19,14	35,33	51	37,51	69,29	76	55,94	103,26
2	1,47	2,72	27	19,87	36,68	52	38,27	70,65	77	56,67	104,62
3	2,2	4,08	28	20,61	38,04	53	39,01	72,01	78	57,41	105,98
4	2,94	5,44	29	21,34	39,40	54	39,74	73,37	79	58,14	107,34
5	3,68	6,79	30	22,08	40,76	55	40,48	74,73	80	58,88	108,70
6	4,42	8,15	31	22,82	42,12	56	41,22	76,09	81	59,62	110,05
7	5,15	9,51	32	23,55	43,48	57	41,95	77,4	82	60,35	111,41
8	5,89	10,87	33	24,29	44,84	58	42,69	78,80	83	61,09	112,77
9	6,62	12,23	34	25,02	46,20	59	43,42	80,16	84	61,82	114,11
10	7,36	13,59	35	25,76	47,55	60	44,16	81,52	85	62,56	115,49
11	8,10	14,95	36	26,50	48,91	61	44,90	82,88	86	63,30	116,85
12	8,83	16,30	37	27,23	50,27	62	45,63	84,24	87	64,03	118,21
13	9,57	17,66	38	27,97	51,63	63	46,37	85,60	88	64,77	119,57
14	10,30	19,02	39	28,70	52,99	64	47,10	86,96	89	65,50	120,92
15	11,04	20,38	40	29,44	54,35	65	47,84	88,32	90	66,24	122,28
16	11,78	21,74	41	30,18	55,71	66	48,58	89,67	91	66,98	123,64
17	12,51	23,10	42	30,91	57,07	67	49,31	91,03	92	67,71	125,00
18	13,25	24,46	43	31,65	58,42	68	50,05	92,39	93	68,45	126,36
19	13,98	25,82	44	32,38	59,78	69	50,78	93,75	94	69,18	127,72
20	14,72	27,17	45	33,12	61,14	70	51,52	95,11	95	69,92	129,08
21	15,47	28,53	46	33,86	62,50	71	52,26	96,47	96	70,66	130,44
22	16,19	29,89	47	34,59	63,86	72	52,99	97,83	97	71,39	131,79
23	16,93	31,25	48	35,33	65,22	73	53,73	99,19	98	72,13	134,15
24	17,66	32,61	49	36,06	66,58	74	54,46	100,54	99	72,86	134,51
25	18,40	33,97	50	36,80	67,94	75	55,20	101,90	100	73,60	135,87

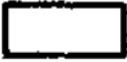
§ 2. Мощностъ в киловаттах в зависимости от силы тока в амперах

Амперы	Постоянный ток				Трехфазный ток						Cos φ
	110V	220V	440V	110V	220V		330V		440V		
	Cos φ		1,0	1,8	1,0	1,8	1,0	1,8	1,0		
1	0,11	0,22	0,44	0,190	0,152	0,380	0,304	0,680	0,525	0,865	
10	1,10	2,22	4,40	1,90	1,52	3,80	3,04	6,80	5,25	8,65	
11	1,21	2,42	4,85	2,10	1,67	4,20	3,34	7,25	5,75	9,55	
12	1,32	2,64	5,30	2,28	1,82	4,55	3,66	7,90	6,30	10,40	
13	1,43	2,86	5,70	2,48	1,98	4,95	3,96	8,55	6,80	11,30	
14	1,54	3,08	6,15	2,66	2,12	5,35	4,25	9,20	7,35	12,10	
15	1,65	3,30	6,60	2,86	2,28	5,70	4,55	9,85	7,85	13,00	
16	1,76	3,52	7,05	3,04	2,44	6,10	4,85	10,50	8,40	13,90	
17	1,87	3,74	7,50	3,24	2,58	6,50	5,15	11,20	8,90	14,70	
18	1,98	3,96	7,90	3,44	2,74	6,85	5,45	11,80	9,45	15,60	
19	2,10	4,20	8,35	3,62	2,88	7,25	5,80	12,50	9,95	16,50	
20	2,20	4,40	8,80	3,80	3,04	7,60	6,10	13,20	10,50	17,40	
24	2,64	5,30	10,60	4,55	3,64	9,15	7,30	15,80	12,60	20,80	
26	2,86	5,70	11,40	4,95	3,96	9,90	7,90	17,10	13,60	22,60	
30	3,3	6,60	13,20	5,70	4,55	11,40	9,0	19,70	15,70	26,00	
34	3,74	7,50	15,00	6,50	5,15	13,60	10,30	22,40	17,80	29,40	
36	3,96	7,90	15,80	6,85	5,45	13,70	10,90	23,60	18,90	31,20	
40	4,40	8,80	17,60	7,60	19,00	15,20	12,20	26,40	21,00	34,60	
50	5,50	11,00	22,00	9,50	7,60	19,00	15,20	33,00	26,20	43,25	
60	6,6	13,20	26,40	11,40	9,10	22,80	18,20	39,60	31,60	52,00	
70	7,70	15,40	30,80	13,30	10,60	26,60	21,20	46,00	36,80	60,50	
80	8,80	17,60	35,20	15,20	12,20	30,40	24,40	52,50	42,00	69,20	
90	9,90	19,80	39,60	17,20	13,70	34,40	27,40	59,50	47,50	78,00	
100	11,0	22,00	44,0	19,00	15,20	38,00	30,40	66,00	52,50	86,50	
1000	10,0	220,0	440,0	190,0	152,0	380,0	30,40	660,0	525,0	865,0	

Примечание: Для силы тока ниже 10А или выше 100А находат сначала в таблице в десятъ разъ большую или соответственно в 10 разъ меньшую величину и найденный результатъ делат на 10 или соответствено множат на 10.

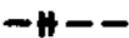
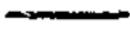
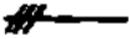
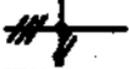
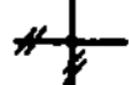
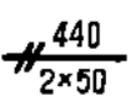
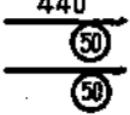
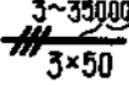
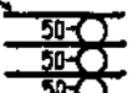
§ 3. Условные обозначения для электрических схем

станции и подстанции

№	обозначения	наименование	№сет
1		силовая станция (общее обозначение)	101 ¹⁾
2		подстанция (общее обозначение)	105 ¹⁾
3		трансформаторная подстанция	107 ¹⁾²⁾
4		отдельно установленный трансформатор	108
5		подстанция с вращающи- мися преобразователями	109 ²⁾
6		подстанция с выпрямителя- ми (невращающ., как напр. ртутные выпрям.)	111 ²⁾

системы тока

№	обозначения	наименование	№сет
7		постоянный ток	1
8		трехфазный переменный ток 50 лев/сек.	
9		трехфазная система включение треугольником	7
10		трехфазная система включение звездой	8
11		трехфазная система включение звездой с выве- денной нулевой точкой	9

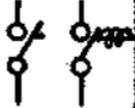
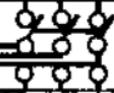
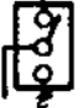
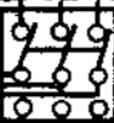
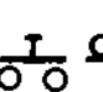
12	Z	трехфазная система включение зигзагом		10
<i>провода и распределение энергии по ним</i>				
№	обозначения для стем		наименование	№сет
	однолиней- ной	многолиней- ной		
13			линия вообще, в част- ности воздушная	113
14			линия подземная	114
15			линия ординарная	115
16			линия двойная напр подземная	116
17			однопроводная линия	
18			трехпроводная линия	2018
19			пересечение линий без соединения между ними	202
20			электрическое соедине- ние пересекающихся то- коведущих линий	203
21			ответвление токоведу- щих линий напр. ответ- вление 2 ^х проводов от трехпроводной линии	204
22			линия постоянного то- ка 440 V, состоящая из 2 ^х проводов сечением 50 мм ²	
23			линия 3 ^х фаз. тока 35000 V сост. из 3 ^х пров. сеч. по 50 мм ²	

сопротивления

№	обозначения	наименование	№сет
24		активное сопротивление, практически не обладающее самоиндукцией, а) также регулируемое	209
25		индуктивное сопротивление практически без омического сопротивления, реактор, l	210
26		емкость, конденсатор	207
27		сопротивление вообще с самоиндукцией или без нее общее обозначение обмотки	
28		реактивная катушка	
29		реостат	
30		реостат трехфазный	

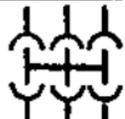
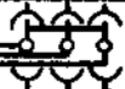
рубильники

№	обозначения для схем		наименование	№сет
	однолинейной	многолинейной		
31		как воднолин.	зажим вообще	301
32		"	выключатель неавтоматический воздушный общий символ рубильник однополюсный	306

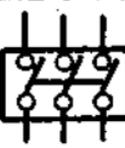
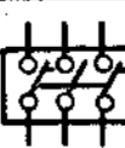
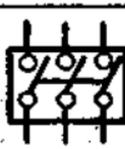
33			<i>рубильник трехполюс- ный</i>	307
34			<i>выключатель автома- тический воздушный однополюсный</i>	
<i>переключатели</i>				
№	обозначения для схем		наименование	№сет
	однолиней- ной	многолиней- ной		
35			<i>переключатель на 2 направления однопол.</i>	312
36			<i>переключатель на 2 на- правления однополюс.</i>	316
37			<i>переключатель на 2 на- правления двухполюс.</i>	317
38			<i>переключатель на 2 на- правления трехполюс.</i>	
39			<i>переключатель масля- ный на 2 направления трехполюсный</i>	
40			<i>переключатель со звезды на треугольник</i>	
41			<i>кнопочные выключатели для замыкания и размы- кания кнопочный пере- ключатель</i>	
42			<i>штепсельная розетка</i>	725
43			<i>штепсельные выключа- тель и переключатель для измерит.приб.</i>	722 723

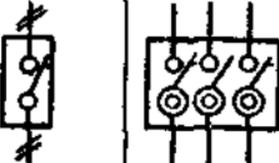
44		<i>однополюсный и двухполюсн. переключатели для измерительн.приб.</i>	720 721
----	---	---	------------

раз'единители

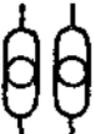
№	обозначения для схем		наименование	№СЭ
	однолинейной	многолинейной		
45			<i>раз'единитель любого типа с ордн. или двойн. разрывом тока</i>	320 321
46			<i>раз'единитель с ордн. разрывом тока, наприм. трехполюсный</i>	
47			<i>раз'единитель переключающий, напр. трехпол.</i>	321

масляные выключатели

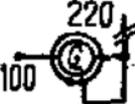
№	обозначения для схем		наименование	№СЭ
	однолинейной	многолинейной		
48			<i>масляный выключатель без автоматического выключения, наприм. трехполюсный</i>	308
49			<i>масляный выключатель с автоматическим выключением, напр. 3-х полюсный с выключ. на 2-х фазах</i>	311
50			<i>масляный выключатель с максимальным реле, напр. трехполюсный.</i>	

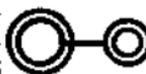
51		масляный выключатель автоматич. напр. трех- полюсный с автомати- ческим выключением на 2 фазы
----	---	---

предохранители

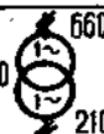
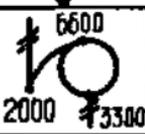
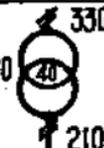
№	обозначения для схем		наименование	№СЭ
	однолиней- ной	многолиней- ной		
52			предохранитель	
53			предохранитель любо- го рода напр. трехполюсн.	328
54			предохранитель с штеп- сельным или винтовым патроном напр. двух- полюсный	330
55			трубчатый предохра- нитель раз'единяющий напр. трехполюсный	

машины

№	обозначения для схем		наименование	№СЭ
	однолиней- ной	многолиней- ной		
56			генератор	501
57			двигатель	502
58			динамо машина, напр. генератор с параллельн. возбуждением 100kW 220V	506
59			динамо маш. напр. двига- тель со смешан. возбужд.	507

60			синхронная машина однофазного тока, напр. генератор	512
61	5000  6600 110	5000  0660 110	синхронн. генератор трехфазного тока с нулевым проводом; соединение звездой 5000kW 6600V	514
62			асинхронный трехфазн. двигатель с контактными кольцами	516 _a
63			две машины сидящие на одном валу	518
64			одноякорный преобразователь шестифазного тока в постоянный	519 _a
65			шестифазный выпрямитель	602

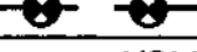
трансформаторы

№	обозначения для схем		наименование	№СИ
	однолинейной	многолинейной		
66	1000  6600 210	1000  6600 210	однофазный трансформатор 1000 кВА 6600/210V	
67	 6600 2000 3300	 6600 2000 3300	однофазный автотрансформатор 2000 кВА 6600/3300V	
68	300  3300 210	300  3300 210	частота отличн. от 50 ^{гц} указывается напр. однофаз. трансформатор 40 ^{гц} сек. 300кВА 3300/210V	401

69			трансформатор тока	403
70			трансформатор трех- фазного тока с двумя обмотками	402
71			трансформатор трех- фазного тока включе- ние звезда-зигзаг 100 кВА 11000/3000 В	
72			трансформатор трех- фазного тока включение звезда-звезда с выведенн. нулевой точкой 250 кВА 6000 $\frac{210}{120}$ В	
73			автотрансформатор трехфазного тока вклю- чение звезда-звезда 500 кВА 11000/6600 В	406 ^в

элементы, аккумуляторы, разрядники и пр.

№	обозначения	наименование	№сет
74		элемент	603
75		аккумуляторная ба- тарея с ординарным элементным комму- татором	605
76		аккумуляторная бат. с двойным комму- татором	600
77		разрядник любого рода для защиты от пере- напряжений, напр. трехполюсный	333

78		<i>разрядник роговой</i>	335
79		<i>обозначение высокого напряжения</i>	
80		<i>заземление</i>	205
81		<i>фазовая лампа</i>	727
82		<i>сигнальные лампы</i>	728
<i>измерительные приборы</i>			
№	<i>обозначения</i>	<i>наименование</i>	№СИ
83		<i>измерительный прибор</i>	701
84		<i>вольтметр</i>	702
85		<i>амперметр</i>	704
86		<i>ваттметр</i>	705
87		<i>фазометр</i>	706
88		<i>частотомер</i>	707
89		<i>указатель направления тока</i>	708
90		<i>омметр</i>	709
91		<i>синхроскоп</i>	710
92		<i>регистрирующий прибор</i>	711
93		<i>регистрирующий ваттметр</i>	712
94		<i>счетчик</i>	713
95		<i>счетчик амперчасов</i>	716
96		<i>амперметр с шунтом</i>	719

реле

97		реле, общее обозначение	DJN
98		реле, замыкающее контакты вспомогательного тока, общее обозначение	(834)
99		реле, размыкающее контакты вспомогательного тока, общее обозначение	(835)
100		реле, переключающее контакты вспомогательного тока, общее обозначение	(836)
101		реле тока (сокращенно: РТ), общее обозначение	834
102		реле тока с зависимой харак- теристикой	837
103		реле тока с ограниченно-зависи- мой характеристикой	838
104		реле тока с независимой харак- теристикой	835
105		реле напряжения (сокращенно РН), общее обозначение	
106		реле мощности (ваттметровое), реагирующее на изменение на- правления потока мощности (сокращенно РВт), общее обоз- начение	(835)
107		реле времени (сокращенно РВр).	
108		вспомогательное реле мгно- венное и с выдержкой времени	
109		реле бугольца (сокращенно РБ)	

§ 4. Условные обозначения для электронизмерительных приборов, помещаемых на шкале прибора

знак	Система	знак	Класс прибора
	Магнитоэлектрическая с противодействующей силой	 	лабораторный первый контрольный второй-резерв. третий-указатель
	без противодействующей силы		
	Электромеханическая		
	Электродинамическая с противодействующей силой без железа без противодействующей силы с противодействующей силой без железа с магн. экраном без противодействующей силы с противодействующей силой ферродинамич. без экрана без противодействующей силы с противодействующей силой ферродинамич. с экраном без противодействующей силы		Постоянный ток
			Переменный ток
			Пост. и пер. ток
			Трехфазный ток
			Частота 50 герц
			Трехф. т. част. 50%
	Индукционная		Изоляция прибора соответствует напряжению в 2000V
			Вертикальная установка прибора
	Термоэлектрическая		Наклонная установка прибора под 60°
	Электронная		
	Электростатическая		Горизонтальная установка прибора
	Вибрационная		

Примеры:

Прибор электронизмерительный класс первый контрольный для постоянного и переменного тока для горизонт. уст.

Прибор электронизмерительный класс первый контрольный для постоянного и переменного тока для горизонт. уст.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

§ 1. Электрический ток — движение электричества. Различают ток проводимости — направленное движение электронов в проводниках, ток смещения — направленное смещение электронов в диэлектриках, ток конвекционный — перемещение наэлектризованных частиц.

Сила тока (I) — скорость течения электричества через поперечное сечение проводника.

Ампер (A) — единица силы тока, сила такого неизменяющегося электрического тока, который в одну секунду выделяет из водного раствора азотнокислого серебра $AgNO_3$ 1,118 мг серебра.

Миллиампер (mA) — тысячная доля ампера $1 mA = 0,001 A$.

Плотность тока (j) — сила тока, отнесенная к единице площади поперечного сечения проводника, выраженная в амперах на 1 квадратный мм (A/mm^2).

Постоянный ток — электрический ток, текущий по проводнику все время в одну сторону. Если величина тока периодически меняется, а направление его остается постоянным, то такой ток называют пульсирующим постоянным током.

§ 2. Электродвижущая сила (ЭДС) — причина, вызывающая в проводниках электрический ток.

Напряжение (V) — часть электродвижущей силы, идущая на преодоление сопротивления цепи (напряжение есть также работа переноса единицы заряда и измеряется в джоулях на кулон, сокращенно — вольт), напряжение называют еще разностью потенциалов.

Вольт (V) — единица ЭДС и напряжения, такое напряжение, которое в проводнике с сопротивлением в 1 ом вызывает ток силой в 1 ампер.

Киловольт — тысяча вольт ($1 kV = 1000 V$).

Милливольт (mV) — тысячная доля вольта ($1 mV = 0,001 V$).

§ 3. Проводники — тела, внутри которых электроны могут свободно перемещаться, т. е. проводящие электрический ток (все металлы являются хорошими проводниками).

Изоляторы — иначе диэлектрики — тела, внутри которых

электроны не могут свободно перемещаться, т. е. не проводящие электрический ток.

Идеальные изоляторы, как и идеальные проводники, не существуют.

§ 4. Сопротивление (R) — свойство проводника сопротивляться прохождению через него электрического тока. Ом (Ω) — единица сопротивления — сопротивление прохождению электрического тока столбика ртути длиной в 106,3 см, с поперечным сечением 1 мм^2 при температуре 0°C .

Мегом ($M \Omega$) — миллион омов ($1 \text{ м} \Omega = 1\,000\,000 \Omega$).

Проводимость (G) — величина, обратная сопротивлению.

$$G = \frac{1}{R}.$$

Сименс (S) или МО (σ) — единица проводимости. Проводимость в 1 МО имеет проводник, сопротивление которого равно одному ому.

Удельное сопротивление (ρ) — сопротивление проводника из данного материала длиной в 1 м и площадью поперечного сечения в 1 мм^2 при температуре в 15°C .

Удельная проводимость (γ) — величина, обратная удельному сопротивлению.

$$\gamma = \frac{1}{\rho}.$$

Сопротивление проводника из любого материала выражается формулой:

$$R = \rho \frac{l}{q},$$

где R — сопротивление проводника в омах, ρ — удельное сопротивление, l — длина в метрах, q — площадь поперечного сечения в мм^2 .

Зависимость сопротивлений от температуры. С изменением температуры сопротивление проводника изменяется. Температурный коэффициент (α) — величина, на которую изменяется сопротивление проводника в один ом из данного материала, при изменении его температуры на 1°C . Если с увеличением температуры сопротивление материала увеличивается (что бывает у всех металлов и почти у всех сплавов), то α считается положительным; если же с увеличением температуры сопротивление уменьшается (что бывает у угля и электролитов), то α считается отрицательным.

Для многих материалов сопротивление при температуре ($t^\circ\text{C}$) может быть найдено по формуле:

$$R_t = R_0 \cdot [1 + \alpha (t - t_0)],$$

где: R_t — сопротивление в омах при температуре t° , R_0 — сопротивление в омах при температуре t_0 , t_0 — температура в градусах Цельсия, при которой было произведено определение сопротивления (R_0), α — температурный коэффициент.

Для случаев, когда α — отрицателен, в формуле перед α надо знак плюс (+) заменить знаком минус (—).

Определение температуры нагрева проводника по сопротивлению. В практике очень часто пользуются зависимостью сопротивления от температуры для определения температуры нагрева обмоток эл. машин.

Для этого перед пуском машины измеряют сопротивление холодной обмотки (так называемое «холодное» сопротивление R_x) и ее температуру (t_x).

Затем после длительной работы нагруженной машины, после ее останова быстро производят измерение сопротивления горячей обмотки (так наз. «горячее» сопротивление R_t).

По полученным данным, величину перегрева обмотки можно определить из следующей формулы:

$$\Delta t = \frac{R_t - R_x}{R_x} \cdot (234,5 + t_x),$$

где:

- Δt — величина перегрева обмотки $^\circ\text{C}$;
- R_t — горячее сопротивление в омах;
- R_x — холодное сопротивление в омах,
- 234,5 — опытный коэффициент;
- t_x — температура холодной машины $^\circ\text{C}$.

Перегревом называют превышение температуры нагрева обмотки над температурой окружающего воздуха.

Для электрических машин наибольшая допустимая величина перегрева обмоток (Δt) при определении ее по методу сопротивления равна 55°C .

§ 5. Закон Ома. Сила тока (J) прямо пропорциональна напряжению (V) между концами проводника и обратно пропорциональна его сопротивлению (R):

$$J = \frac{V}{R}$$

Падение напряжения (V) — напряжение, идущее на преодоление сопротивления проводника (R) при прохождении по нему тока (J):

$$V = J \cdot R.$$

§ 6. Первый закон Кирхгофа. Сумма токов, притекающих к точке разветвления электрической цепи, равна сумме токов, от нее утекающих.

$$\Sigma J_{\text{пр}} = \Sigma J_{\text{ут.}}$$

§ 7. Второй закон Кирхгофа. В замкнутой электрической цепи сумма всех ЭДС равна сумме всех падений напряжений:

$$\Sigma E = \Sigma JR.$$

§ 8. Закон Джоуля Ленца. Количество тепла (W), выделенное в проводнике с сопротивлением (R) при прохождении через него тока (J), за время t секунд определяется из уравнения:

$$W = 0,24 \cdot J^2 \cdot R \cdot t \text{ мал, кал.}$$

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВКЛЮЧЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ИСТОЧНИКОВ ЭДС

§ 9. Электрическая цепь — соединение из источников электротока, проводов и приемников электрической энергии (лампы, моторы и т. п.).

Часть цепи, находящаяся внутри источника тока, называется внутренней цепью.

Часть цепи, вне источника тока, называется внешней цепью.

Соответственно сопротивление внутренней цепи называется внутренним сопротивлением (r), сопротивление внешней цепи — внешним сопротивлением (R).

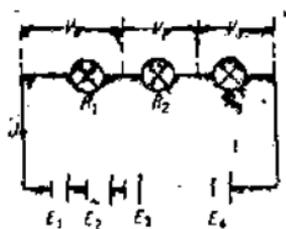


Рис. 1. Последовательное соединение сопротивлений.

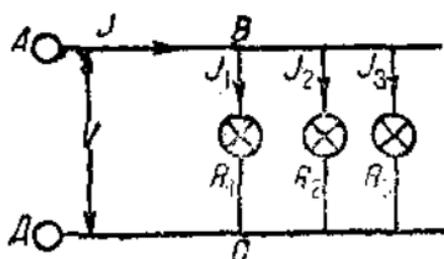


Рис. 2. Параллельное соединение сопротивлений.

§ 10. Включение сопротивлений. а) Последовательное включение — такое соединение, при котором электрический ток имеет для себя только один путь (рис. 1).

Общее сопротивление последовательно включенных цепей равно сумме сопротивлений цепей составляющих

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

Особенности последовательного соединения сопротивлений:

1) Через все сопротивления проходит одна и та же сила тока.
2) На зажимах каждой цепи устанавливается свое напряжение, пропорционально ее сопротивлению.

б) Параллельное включение сопротивлений — такое соединение, при котором ток разветвляется по нескольким сопротивлениям, называемым ветвями (рис. 2).

Особенности параллельного включения.

1) Все сопротивления находятся под одним напряжением.
2) Сила тока устанавливается в каждой ветви своя, обратно пропорционально ее сопротивлению.

При параллельном включении обычно определяют не общее сопротивление всех ветвей, а общую проводимость.

Общая проводимость параллельно включенных цепей равна сумме проводимостей цепей составляющих.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

Общее сопротивление всех параллельных цепей находят, как величину, обратную общей проводимости.

в) Смешанное включение сопротивлений — такое соединение, при котором в общей цепи имеются отдельные параллельно и последовательно включенные участки.

Подсчет ведут отдельно для параллельно включенных и отдельно для последовательно включенных участков.

§ 11. Включение источников ЭДС

а) Последовательное включение генераторов осуществляется последовательным присоединением их друг к другу разноименными полюсами (плюс 1-го генератора с минусом 2-го, плюс 2-го с минусом 3-го и т. д.).

При этом общая ЭДС равна сумме всех ЭДС отдельных генераторов.

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n.$$

При включении части генераторов навстречу остальным их ЭДС будут вычитаться, и общая ЭДС найдется как алгебраическая сумма всех ЭДС составляющих генераторов.

Ток проходит через все генераторы последовательно.

$$J_1 = J_2 = J_3 = J_n = J.$$

При последовательном соединении максимально допустимой силой тока в генераторной цепи будет та сила тока, которая допустима для наименьшего из последовательно включенных генераторов.

б) Параллельное включение генераторов. При параллельном включении генераторов обязательно должны быть соблюдены следующие условия: 1) генераторы должны иметь одинаковые величины ЭДС и 2) могут присоединяться только одноименными полюсами (плюс с плюсом, минус с минусом).

При этом сила тока в линии равна сумме силы токов, текущих во всех генераторах.

$$J = J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n.$$

Несоблюдение одного из вышеуказанных условий при параллельном включении генераторов может вызвать повреждение их.

При параллельном включении общая ЭДС (E) равна ЭДС каждого генератора: $E_1 = E_2 = E_n = E$.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

МОЩНОСТЬ И РАБОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

§ 12. Мощность электротока (P) выражается следующими формулами:

$$P = V \cdot J = R \cdot R = \frac{V^2}{R}.$$

где P — мощность в ваттах.

Ватт (W) — единица мощности, представляющая собой мощность электротока силой в 1 ампер, при напряжении в 1 вольт.

Сто ватт составляют гектоватт ($1 \text{ hW} = 100 \text{ W}$).

Тысяча ватт составляют киловатт ($1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$).

$$1 \text{ hW} = 102 \text{ кгм/сек.} = 1,36 \text{ л. с.}$$

$$1 \text{ л. с.} = 75 \text{ кгм/сек.} = 0,736 \text{ kW.}$$

$$1 \text{ кгм/сек.} = 0,00981 \text{ kW.}$$

§ 13. Работа электрического тока определяется как произведение электрической мощности на время, в течение которого эта мощность совершала работу.

$$PA = . t.$$

Джоуль (j) — единица электрической работы и электрической энергии, 1 джоуль или 1 ватт секунда (WS) представляют собой работу, совершаемую электрической мощностью в 1 ватт в течение 1 сек.

$$1 \text{ ws} = 0,102 \text{ кгм.}$$

Практическими единицами электрической работы и электрической энергии служат:

Гектоватт час (hWh) — работа, совершенная электрической мощностью в 1 гектоватт в течение 1 часа.

Киловатт-час (kWh) — работа, совершенная мощностью в 1 киловатт в течение 1 часа.

$1 \text{ kWh} = 1,6 \text{ л. с в час} = 367\,000 \text{ кгм} = 864 \text{ бол. кал.}$
 $1 \text{ л. с в час} = 0,736 \text{ kWh.}$

Количество электричества (Q), протекшее по проводнику за время t при токе силой J ампер, равно: $Q = J \cdot t$.

Кулон (C) или ампер-секунда (As) — единица количества электричества, такое количество электричества, которое протекает по проводнику в течение 1 сек. при неизменяющемся токе силой в 1 ампер.

Ампер-час (Ah) — количество электричества, протекшее по проводнику в течение часа при силе тока в 1 ампер.

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ As.}$$

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

§ 14. Электрическое поле — пространство окружающее наэлектризованное тело.

Напряженность (E) электрического поля в данной точке — сила, действующая на единицу положительного заряда, помещенного в эту точку поля, измеряется в вольтах на сантиметр.

Напряжение — работа переноса единицы заряда из одной точки поля в другую, измеряется в вольтах (джоуль/кулон).

Электрический заряд — количество электричества, измеряется в кулонах (ампер-секундах).

§ 15. Конденсатор — система, способная накапливать электричество, состоящая из металлических пластин, называемых обкладками конденсатора, и расположенного в промежутках между ними изолирующего материала, называемого диэлектриком.

Емкость конденсатора (C) — то количество электричества, которое ему необходимо сообщить, чтобы повысить напряжение между его обкладками на один вольт.

Фарада (F) — единица емкости, емкость такого конденсатора, который имеет напряжение между обкладками в один вольт, при заряде его одним кулоном электричества.

1 фарада = 10^6 микрофарад = $9 \cdot 10^{11}$ сантиметров.

Емкость плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon \cdot S}{\epsilon_0 \cdot d}$ фарад, где ϵ — диэлектрическая постоянная диэлектрика, ϵ_0 — числовой коэффициент, равный $4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^{11}$, S — поверхность одной пластины в квадратных сантиметрах, d — расстояние между пластинами в сантиметрах.

Цилиндрический конденсатор — емкость двухжильного цилиндрического кабеля рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

где ϵ — диэлектрическая постоянная, r_2 — радиус наружной жилы, r_1 — радиус внутренней жилы, \ln — натуральный логарифм.

При параллельном соединении конденсаторов с емкостями C_1, C_2, C_n результирующая емкость будет:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

При последовательном соединении конденсаторов с емкостями C_1, C_2, C_n результирующая емкость определяется из выражения:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Диэлектрическая постоянная ϵ — отношение емкости конденсатора с данным диэлектриком к емкости точно такого же конденсатора у которого диэлектриком служит воздух.

§ 16. Разряд — переход электричества с одного проводника на другой. Различают 3 стадии разряда: тихий разряд, искровой разряд и дуговой разряд.

§ 17. Электрическая крепость — предельное значение напряженности электрического поля, при котором начинается уже разряд, измеряется в вольт/сантиметрах или в вольт/миллиметрах.

Электрическая крепость воздуха при температуре 20°C и 760 давления равна 21 000 вольт/сантиметр.

Пробой — разрушение диэлектрика под действием напряженности электрического поля.

ГЛАВА ПЯТАЯ

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

§ 18. Магнит — кусок железа, обладающий способностью притягивать и удерживать железные предметы. Магниты встречаются естественные в виде железной руды и искусственные из специальных сортов стали, которым магнитные свойства сообщаются искусственно путем намагничивания.

§ 19. Электромагнетизм. Долгое время в науке параллельно существовали два отдельных учения: об электричестве и о магнетизме. Магнитные свойства железа приписывались так называемым «магнитным массам», якобы сосредоточенным на концах магнита, действием коих объяснялись магнитные явления. В настоящее время твердо установлено, что магнитные массы не существуют, и стало быть никакого самостоятельного учения о магнетизме не может иметь места. Природа магнитных явлений неразрывно связана с процессом электрического тока, поэтому в настоящее время существует единое учение об электромагнетизме.

§ 20. Магнитное поле — пространство, окружающее электрический ток. В магнитном поле на магнитную стрелку или на проводник с током действуют механические силы.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

§ 21. Силовые магнитные линии — линии, в направлении которых действуют магнитные силы (рис. 3—4).

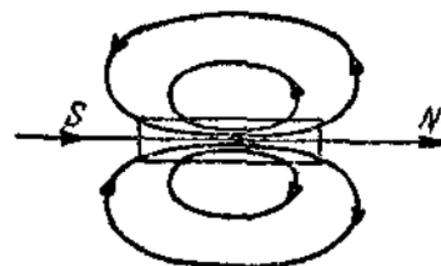


Рис. 3—4. Магнит.

Магнитные силовые линии имеют следующие свойства:

- 1) непрерывны — всегда замкнуты в кольцо и никогда не пересекаются друг с другом;
- 2) стремятся укоротиться;
- 3) направленные одинаково — отталкиваются друг от друга, а направленные навстречу — притягиваются;
- 4) выходят из магнита у северного полюса и входят в магнит у южного.

Направление силовых линий зависит от направления тока и определяется обычно по так называемому правилу буравчика: «Если в провод ввинчивать буравчик по направлению движения электрического тока, то направление движения ручки покажет направление силовых линий».

§ 22. Напряженность (H) магнитного поля или степень интенсивности его — число ампер витков, приходящихся на погонный сантиметр длины магнитной силовой линии, измеряется в ампер-витках на сантиметр. Напряженность есть величина векторная, направление напряженности магнитного поля определяется правилом буравчика.

Ампер-витки — число ампер, умноженное на число витков.

§ 23. Соленоид — проводник, свернутый в виде спирали. При прохождении тока по соленоиду вокруг него образуется магнитное поле, при этом место выхода силовых линий из соленоида называется северным полюсом (N), место входа — южным полюсом (S). Внутри соленоида силовые линии идут от южного полюса к северному.

Если соленоид имеет длину, превышающую в несколько раз его сечение, то внутри его поле однородно, т. е. линии поля параллельны, и напряженность всюду одинакова. Напряженность поля такого соленоида приближенно равна:

$$H = \frac{I \cdot W}{l},$$

где H — напряженность в ампер-витках/сантиметр, I — сила тока в амперах, W — число витков соленоида, l — длина соленоида в сантиметрах.

Напряженность (H) в точке поля под влиянием длинного прямого провода с током (I) равна:

$$H = \frac{I}{2\pi \cdot r}$$

где H — напряженность в ампер-витках/сантиметр, I — сила тока в амперах, r — расстояние точки от провода в сантиметрах.

§ 24. Магнитодвижущая сила (м. д. с.) — причина, создающая магнитное поле, т. е. число ампер-витков, сцепленных с магнитным потоком, измеряется в ампер-витках.

Магнитный поток (Φ) — совокупность всех силовых линий, измеряется в максвеллах (абсолютная система единиц) и вольт-секундах (практическая система единиц).

1 максвелл = 10^{-8} вольт/секунд.

§ 25. Ферромагнетизм. Магнитные свойства соленоида с током могут быть резко увеличены внесением железного сердечника; объясняется это тем, что к действию ампер-витков соленоида прибавляется действие молекулярных ампер-витков железа.

§ 26. Молекулярные ампер-витки. Атом каждого вещества состоит из протона (положительный заряд) и вращающихся вокруг него по орбитам электронов (отрицательный заряд). Такой вращающийся электрон представляет собой молекулярный ток. Бла-

годаря беспорядочному расположению магнитное действие их во всех телах парализует друг друга и во вне, — магнитное поле не обнаруживается, но железо обладает следующими свойствами: при воздействии внешнего поля (намагничивающих ампер-витков) у части электронов ориентируются оси орбит в одном направлении (в направлении внешнего поля), при этом их магнитные действия складываются и обнаруживаются во вне.

К ферромагнитным телам кроме железа относятся только никель, кобальт и их сплавы.

§ 27. Закон Ома для магнитной цепи. Магнитный поток связан с магнитодвижущей силой, так называемым «магнитным законом Ома».

$$\Phi = \frac{1,256 AW}{l} = \frac{MDC}{R},$$

где Φ — магнитный поток в максвеллах, AW — ампер-витки, l — длина магнитопровода в см², Q — сечение магнитопровода в см²,

μ — магнитная проницаемость магнитопровода, $R = \frac{l}{\mu Q}$, так называемое магнитное сопротивление.

1,256 — коэффициент пропорциональности.

§ 28. Магнитная индукция (B) — густота силовых линий. Измеряется числом силовых линий, проходящих через 1 см² поверхности, перпендикулярной к их направлению.

Гаусс — единица магнитной индукции — такая индукция, при которой через площадку в 1 см² проходит 1 силовая линия

$$\left(1 \text{ гаусс} = \frac{\text{максвелл}}{\text{см}^2} \right).$$

В случае однородного поля:

$$B = \frac{\Phi}{Q},$$

где B — индукция в гауссах (или вольт/секундах/см²), Φ — поток в максвеллах (или в вольтсекундах), Q — площадь в см², через которую проходит поток (Φ).

Магнитная индукция связана следующей зависимостью от напряженности в данной точке магнитного поля.

$$B = 1,256 \cdot \mu \cdot H,$$

где B — магнитная индукция в гауссах, μ — коэффициент магнитной проницаемости, железа (находится по кривой), H — напряженность в ампер-витках/сантиметр.

§ 29. Коэффициент магнитной проницаемости железа (μ) — отношение индукции (B) при наличии железного сердечника к индукции (B) при отсутствии железного сердечника, при одном и том же значении м. д. с. Магнитная проницаемость железа не является постоянной величиной, а изменяется в зависимости от напряженности магнитного поля.

§ 30. Кривая намагниченния (рис. 5) — кривая зависимости величины магнитной индукции (B) в гауссах (или вольтсекундах/см²) от напряженности магнитного поля, (H) — в ампер-витках на см (AW_0).

Для разных сортов железа, стали и чугуна, применяемых в электротехнике, на основании точных лабораторных испытаний строят свои кривые намагничивания.

§ 31. Гистерезис.

Если при намагничивании железа магнитная напряженность сначала будет возрастать, а затем убывать, то магнитная индукция для одних и тех же значений напряженности (H) будет во втором случае больше, чем в первом, т. е. наблюдается, что железо при размагничивании как бы задерживает в себе магнитные свойства и значения индукции (B) как бы отстают от значений напряженности (H). Это явление носит название гистерезиса.

Кривая изменения индукции за полный цикл перемагничивания изображена на рисунке 6 и носит название петли или шлейфа гистерезиса.

На перемагничивание железа тратится работа. Она превращается в тепло и нагревает железо. Величина работы пропорциональна площади петли гистерезиса (потери на гистерезис см. § 76).

§ 32. Магнитное насыщение — такое состояние намагничиваемого тела, при котором дальнейшее увеличение напряженности магнитного поля (AW_0), не вызывает заметного увеличения индукции (B).

Магнитное насыщение характеризуется резким изменением направления кривой намагничивания (точка A) кривой (B) на рисунке 5.

§ 33. Расчет магнитопровода. Ввиду того что магнитная про-

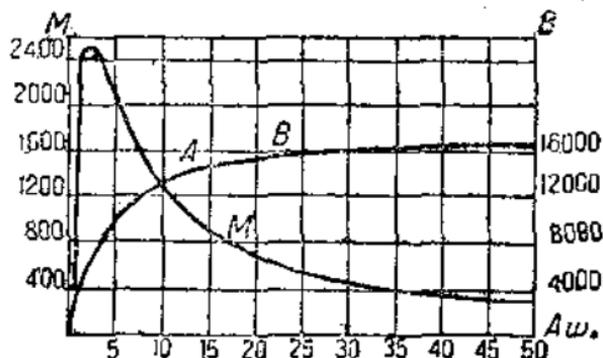


Рис. 5. Кривая намагничивания железа.

нищаемость μ железа и стали является величиной непостоянной (сильно уменьшается с увеличением индукции), расчет электромагнитов по формуле магнитного закона Ома становится невозможным.

Поэтому в практике расчеты ведут следующим путем:

- 1) Разбивают весь магнитопровод на участки с одинаковым поперечным сечением и из одинакового материала (рис. 7).
- 2) Определяют магнитную индукцию на данном участке.

$$B_1 = \frac{\Phi}{Q_1},$$

где Φ — заданный магнитный поток в максвеллах, Q_1 — поперечное сечение данного участка магнитопровода в см^2 .

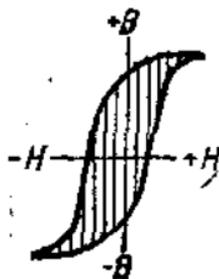


Рис. 6. Петля гистерезиса.

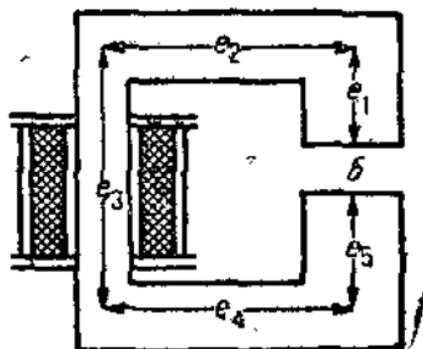


Рис. 7. Электромагнит.

3) По кривой намагничивания находят число ампер-витков (AW_0), приходящихся на 1 см длины данного участка магнитопровода.

4) Умножив найденное число (AW_0) на длину участка магнитопровода (l) в сантиметрах, определяют все число ампер-витков, приходящееся на данный участок магнитопровода.

$$AW_1 = AW_0 \cdot l_1.$$

5) Для воздушного промежутка (так называемого воздушного зазора) ампер-витки находят по следующей формуле:

$$AW_B = 0,8 B \delta,$$

где 0,8 — постоянный коэффициент,

B — индукция в гауссах,

δ — толщина воздушного слоя (вдоль по силовой линии) в сантиметрах.

6) Определив ампер-витки, приходящиеся на отдельные участки магнитопровода, их складывают. Сумма:

$$AW = AW_1 + AW_2 + \dots + AW_n$$

дает количество ампер-витков (МДС), которые необходимы для данного магнитопровода, чтобы в нем создать заданный магнитный поток (Φ).

7) Задавшись определенной силой тока, находят число витков обмотки по формуле:

$$W = \frac{AW}{I},$$

где W — число витков, AW — ампер-витки, I — сила тока в проводе катушки в амперах.

8) По силе тока (I) выбирают также сечение проволоки для обмотки так, чтобы плотность тока (q) не превосходила бы 2—3 А/см² по формуле:

$$q = \frac{I}{q},$$

где q — сечение провода в квадратных миллиметрах, I — сила тока в амперах, q — плотность тока в А/мм².

9) Катушка (обмотка) может помещаться на любой части магнитопровода, где удобнее.

§ 34. Динамическое взаимодействие электротоков. Силы, с которой действуют друг на друга токи, протекающие в параллельных проводах, определяется следующим выражением:

$$F = 2,04 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{l}{b} \cdot 10^{-8},$$

где F — сила в килограммах, 2,04 — постоянный коэффициент, I_1 — сила тока в 1-м проводе, I_2 — сила тока в 2-м проводе, l — длина проводов в сантиметрах, b — расстояние между проводами в сантиметрах.

Провода (токи) притягиваются друг к другу, если токи направлены в одну сторону и отталкиваются — если токи направлены в разные стороны.

Провода (токи), направленные друг к другу под углом, стремятся стать параллельными.

§ 35. Динамическое взаимодействие тока и магнитного поля. Проводник с током, находясь в магнитном поле, стремится переместиться в направлении перпендикулярном к силовым линиям и к направлению тока.

Сила, действующая на проводник, определяется выражением:

$$F = 10,2 \cdot B \cdot J \cdot l \cdot 10^{-8},$$

носящим название закона Био и Савара, где F — сила в килограммах, 10,2 — постоянный коэффициент, B — магнитная индукция в гауссах, J — сила тока в амперах, l — длина проводника в сантиметрах.

Правило левой руки — служит для отыскания направления движения проводника (рис. 8). Если в магнитном поле левую руку расположить так, чтобы силовые линии входили в ладонь (ладонь была бы обращена к северному полюсу), а четыре вытянутые пальца были бы направлены вдоль проводника, по направлению тока, то отогнутый большой палец укажет направление движения проводника.

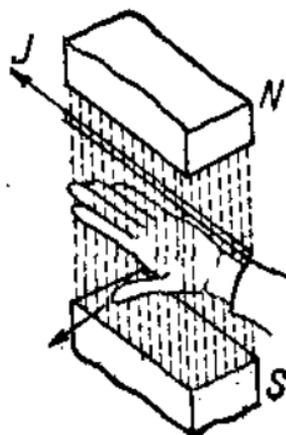


Рис. 8. Правило левой руки.

§ 36. Электромагнит — соленоид, намотанный на железный или стальной сердечник.

Подъемная сила одного полюса электромагнита, с достаточной для практики точностью, определяется следующим выражением:

$$F = \left(\frac{B}{5000} \right)^2 \cdot Q,$$

где F — подъемная сила в килограммах, B — индукция в гауссах, Q — площадь сечения полюса в квадратных сантиметрах.

(Подъемная сила двух полюсов подковообразного магнита в 2 раз больше).

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

§ 37. При пересечении проводником магнитных силовых линий или при пересечении силовыми линиями проводника в нем возникает электродвижущая сила. Ее называют индуктированной э. д. с., а возникающие при этом токи — индукционными токами.

Величина индуктированной э. д. с. зависит от скорости пересечения проводником силовых линий.

Если пересечение происходит при механическом перемещении проводника в магнитном поле, как это бывает в вращающихся электромашинах, то такой способ создания э. д. с. назы-

вается механической индукцией, при этом величина э. д. с. определяется выражением:

$$e = B \cdot l \cdot V \cdot \sin \alpha \cdot 10^{-8},$$

где e — э. д. с. в вольтах, B — магнитная индукция в гауссах, l — длина проводника в сантиметрах, V — скорость движения проводника в см./сек., α — угол между направлением движения проводника и направлением магнитных силовых линий.

Если пересечение силовых линий происходит в результате изменения величины потока, охватываемого проводником, как это бывает например в трансформаторах, то такой способ создания э. д. с. называется электрической индукцией.

При этом величина индуцированной э. д. с. зависит от скорости изменения потока и определяется следующим выражением:

$$e = \frac{\Phi}{t} \cdot 10^{-8},$$

где e — э. д. с. в вольтах, Φ — число силовых линий в максвеллах, на которое изменилась величина потока от наибольшего до наименьшего своего значения, t — время в секундах, в течение которого произошло это изменение потока, $\frac{\Phi}{t}$ — показывает скорость изменения магнитного потока в максвеллах в секунду.

Оба способа индуцирования э. д. с. (механическая и электрическая индукция) совершенно равнозначущие, и формулы их легко превратимы одна в другую.

§ 38. Направление индуцированной э. д. с. может быть определено по правилу правой руки (рис. 9), говорящему что если в магнитном поле расположить правую руку так, чтобы силовые линии входили в ладонь, а отогнутый большой палец показывал направление движения проводника, то сложенные вместе остальные 4 пальца укажут направление индуцированных э. д. с.

§ 39. Правило Ленца. Индуцированные токи (э. д. с.) всегда направлены так, чтобы противодействовать причине, их вызвавшей.

§ 40. Э. д. с. самоиндукции. При изменении силы тока, протекающего по проводнику, происходит изменение созданного этим током магнитного потока, окружающего проводник, а изменение магнитного потока, индуцирует в проводнике э. д. с. Ее называют ЭДС самоиндукции.

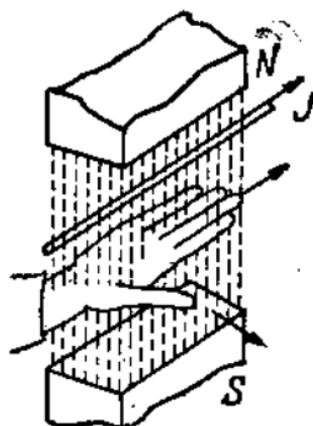


Рис. 9. Правило правой руки

Величина ее зависит как от скорости изменения силы тока, так и от свойств проводника и окружающей его среды, которые характеризуются так называемым коэффициентом самоиндукции.

Величина э. д. с. самоиндукции определяется выражением:

$$e_s = -L \cdot \frac{i}{t},$$

где e_s — э. д. с. самоиндукции в вольтах, L — коэффициент самоиндукции в генри, i — величина, на которую изменилась сила тока в амперах, t — время в секундах, в течение которого изменялась сила тока, $\frac{i}{t}$ — скорость изменения силы тока в А/сек.

По правилу Ленца э. д. с. самоиндукции стремится воспрепятствовать причине, ее вызвавшей. Поэтому перед L стоит знак минус (—).

Явление самоиндукции в цепях постоянного тока сказывается в том, что при нарастании тока (например при включении какой-нибудь нагрузки) возникающая э. д. с. сильно затягивает время этого нарастания, а при убывании (например при выключении) стремится поддержать ток и затягивает время убывания тока.

§ 41. Коэффициент самоиндукции — характеризует провод и окружающую его среду с точки зрения их влияния на величину ЭДС самоиндукции.

За единицу коэффициента самоиндукции принят 1 генри (H), самоиндукция такой цепи, в которой при равномерном изменении силы тока со скоростью в 1 А/сек. индуцируется э. д. с. самоиндукции в 1 вольт.

Коэффициент самоиндукции прямолинейных проводов незначителен и определяется только для линии в несколько километров.

Коэффициент самоиндукции катушки, в особенности электромагнитов, может достигать очень больших величин.

Коэффициент самоиндукции катушки можно определить по следующей формуле:

$$L = \mu \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot W^2 \cdot Q}{10^9 \cdot l},$$

где L — коэффициент самоиндукции в генри, μ — магнитная проницаемость среды, $4\pi = 12,56$ — постоянный коэффициент, W — число витков, Q — площадь поперечного сечения сердечника катушки в квадратных сантиметрах, l — длина катушки в сантиметрах.

§ 42. Взаиминдукция. При изменении силы тока в одном из близко расположенных проводников в соседних с ним проводниках возникает э. д. с. Ее называют э. д. с. взаиминдукции.

Величина э. д. с. взаимнойиндукции зависит как от скорости изменения силы тока, так и от взаимного расположения, формы проводников и качества среды, их окружающей (которые характеризуются так называемым коэффициентом взаимнойиндукции). Коэффициент взаимнойиндукции (M) измеряется также в генри.

§ 43. Токи Фуко. Когда происходит пересечение магнитных силовых линий толстыми, массивными проводящими телами, то в них, как и во всяких проводниках, индуктируется э. д. с. Под влиянием индуктированных э. д. с. в толще этих тел возникают круговые (вихревые) токи. Их называют токами Фуко.

Если не принять мер, то токи Фуко в массивных железных сердечниках могут достигать довольно больших величин, вызвать значительные нагревы и большие потери энергии.

Для уменьшения потерь от токов Фуко все части магнитопровода, где происходит пересечение силовых линий, делают собранными из тонких листов специальной, трансформаторной или динамной стали, изолированных друг от друга тонким слоем бумаги или лака (потери на токи Фуко см. § 77).

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ЗАКОНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 44. Переменный ток — электрический ток, величина и направление которого с течением времени изменяются. В технике сильных токов применяются токи и напряжения, величина и направление которых изменяются в зависимости от времени по закону синуса:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t; e = E_m \cdot \sin \omega t.$$

§ 45. Период (T) — промежуток времени, до истечения которого изменения тока (или напряжения) начнут повторяться.

Измеряется период в секундах.

§ 46. Частота (f) — число периодов в секунде. За единицу частоты принят 1 герц, равный одному периоду в 1 секунду. Частота и период связаны выражением:

$$f = \frac{1}{T}; T = \frac{1}{f}.$$

§ 47. Угловая частота (или круговая частота) (ω) равна числу периодов в 2π сек.

$$\omega = 2\pi \cdot f; \omega = \frac{2\pi}{T}.$$

§ 48. Мгновенное значение силы тока (i), э. д. с. и напряжения (e) — та их величина, которую они имеют в данный момент времени.

$$i = I_m \cdot \sin \omega t;$$

$$e = E_m \cdot \sin \omega t.$$

§ 49. Амплитуда (I_m или E_m) — наибольшее (максимальное) мгновенное значение, которое принимает ток, э. д. с. (или напряжение) при своем изменении.

§ 50. Действующим или эффективным значением силы переменного тока (I), э. д. с. или напряжения (E) в практике называется такое его значение, которое показывает прибор переменного тока (тепловой, электромагнитный и любой другой) при измерении тока или напряжения.

Действующее значение равно амплитуде, деленной на $\sqrt{2} = 1,41$.

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

Амплитуда равна:

$$I_m = I \cdot \sqrt{2}; E_m = E \cdot \sqrt{2}.$$

Действующее значение переменного тока численно равно силе такого постоянного тока, который, проходя по одинаковому с ним сопротивлению за одно и то же время выделяет одинаковое с переменным током количество тепла.

§ 51. Плоская диаграмма. Графическое изображение изменения силы тока (напряжения) в зависимости от времени ($i = I_m \sin \omega t$) представляет собой синусоиду, симметричную относительно оси времени (t), и носит название плоской диаграммы (рис. 10).

Полному периоду (T) изменения тока соответствует изменение угла (α) от 0 до 2π . Поэтому для любого времени (t) секунд, прошедшего от начала периода,

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} \cdot t = \omega t,$$

так как (ω) является величиной постоянной, то угол (α) всегда строго соответствует времени (t) и называется фазным углом, или фазой.

На рисунке 10: T — период в секундах, I_m — амплитуда тока в амперах, i — мгновенное значение тока в момент времени (t), t — время от начала периода до данного момента, $\alpha = \omega t$ — фазный угол для времени (t).

Сдвиг фаз. Если две синусоиды одинаковой частоты одновременно достигают нуля и одновременно — максимума, то говорят, что они совпадают по фазе.

Если же одна синусоида проходит через свои нулевые и максимальные значения раньше другой, то первая синусоида опережает по фазе вторую на угол

$$\varphi = \alpha_1 - \alpha_2,$$

называемый углом сдвига фаз (рис. 11).

Если первая синусоида достигает нуля и максимума после второй, то говорят, что первая синусоида отстает по фазе от второй на угол (φ). На плоской диаграмме его графически можно определить как расстояние между соседними амплитудами токов.

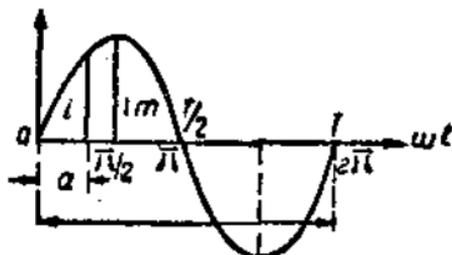


Рис. 10. Плоская диаграмма тока.

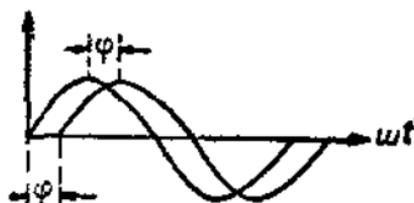


Рис. 11. Сдвиг фаз.

§ 52. Векторная диаграмма. Мгновенные значения синусоидально-изменяющейся величины могут быть определены как проекции на вертикальную ось вектора, численно равного амплитуде этой величины и вращающегося против часовой стрелки с постоянной угловой скоростью ω (рис. 12).

Такое изображение носит название векторной диаграммы.

Если имеются две или несколько синусоид, сдвинутых по фазе, то на векторной диаграмме вектор отстающей синусоиды сдвинут (повернут) от опережающего тока назад (по часовой стрелке) на угол сдвига фаз (φ).

Векторные диаграммы строятся как для токов, так и для напряжений.

§ 53. Активное сопротивление (R) — сопротивление, на преодоление которого затрачивается мощность (энергия), целиком переходящая в тепло.

У цепи, имеющей только активное сопротивление, сила тока и напряжение совпадают по фазе. При этом сила тока

$$I = \frac{V}{R},$$

где V и I — действующие значения напряжения в вольтах и силы тока — в амперах, R — активное сопротивление в омах.

Активное сопротивление проводника переменному току немного больше его омического сопротивления постоянному току. Объясняется это явлением так наз. скин-эффекта (см. § 78).

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

САМОИНДУКЦИЯ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 54. Э. д. с. самоиндукции. При прохождении переменного тока по цепи, имеющей самоиндукцию (L), в ней возникает э. д. с. самоиндукции (E_L), отстающая от тока по фазе на

$$\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ.$$

На преодоление э. д. с. самоиндукции, стремящейся препятствовать протеканию тока, затрачивается равная и обратно направленная ей часть приложенного к цепи напряжения, называемая индуктивной слагающей напряжения (V_L).

Ток отстает от приложенной к цепи индуктивной слагающей напряжения на

$$\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ.$$

§ 55. Индуктивное сопротивление (x_L). Влияние самоиндукции на протекание переменного тока учитывается так называемым индуктивным сопротивлением.

$$x_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L,$$

где x_L — индуктивное сопротивление в омах, $2\pi = 6,28$ постоянный коэф., f — частота в пер/сек., L — коэффициент самоиндукции в генри. Индуктивная слагающая напряжения равна:

$$V_L = I \cdot x_L.$$

§ 56. Треугольник напряжений. В случае последовательного соединения активного сопротивления (R) и индуктивного (x_L) одна часть приложенного напряжения (V), активная слагающая (V_R) пойдет на преодоление активного сопротивления, а другая — индуктивная слагающая напряжение (V_L) — на преодоление индуктивного сопротивления (э. д. с. самоиндукции).

Векторная диаграмма показана на рисунке 12.

Так как сила тока совпадает по фазе с активной слагающей напряжения (V_R), а от индуктивной слагающей напряжения V_L

отстает равно на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$, то она может быть найдена

из выражения
$$J = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}},$$

где J — сила тока в амперах, V — напряжение на клеммах цепи в вольтах, R — активное сопротивление цепи в омах, X_L — индуктивное сопротивление цепи в омах.

Часто векторную диаграмму строят в виде так называемого треугольника напряжений (рис. 13).

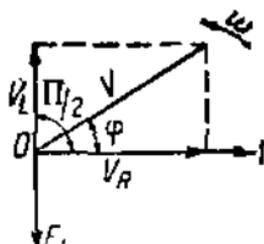


Рис. 12. Векторная диаграмма напряжений.

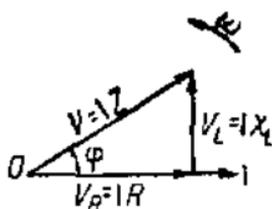


Рис. 13. Треугольник напряжений при индуктивной нагрузке.

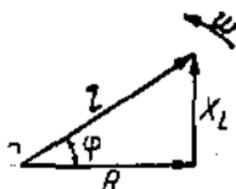


Рис. 14. Треугольник сопротивлений при индуктивной нагрузке.

Из него можно получить следующие соотношения:

$$V_R = V \cos \varphi = J \cdot R; \quad \cos \varphi = \frac{V_R}{V};$$

$$V_L = V \cdot \sin \varphi = J \cdot X_L; \quad \sin \varphi = \frac{V_L}{V};$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{V_L}{V_R}.$$

§ 57. Треугольник сопротивлений. Разделив стороны треугольника напряжений на величину силы тока, получают подобный ему треугольник, называемый треугольником сопротивлений (рис. 14). Стороны его будут в масштабе в омах изображать сопротивления: R — активное, X_L — индуктивное и Z — полное сопротивление цепи.

Из треугольника сопротивлений имеем:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2},$$

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 58. **Емкостная слагающая напряжения** (V_c) и **емкостное сопротивление** (x_c) Если в цепи переменного тока имеется емкость, то часть приложенного напряжения расходуется на преодоление емкостного сопротивления. Ее называют емкостной слагающей напряжения (V_c). Численно она равна:

$$V_c = I \cdot x_c,$$

где V_c — емкостная слагающая напряжения в вольтах, I — сила тока в амперах, x_c — емкостное сопротивление в омах.

Емкостное сопротивление равно:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C},$$

где x_c — емкостное сопротивление в омах, $2\pi = 6,28$ — постоянный коэффициент, f — частота в пер./сек., C — емкость в фарадах. Ток опережает емкостную слагающую напряжения на

$$\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ.$$

§ 59. **Треугольник напряжений** в случае последовательного соединения активного (R) и емкостного (x_c) сопротивлений будет

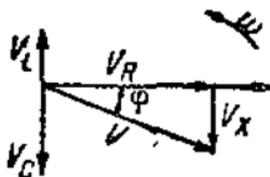


Рис. 15. Треугольник напряжений при емкостной нагрузке.

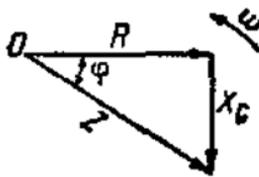


Рис. 16. Треугольник сопротивлений при емкостной нагрузке.

иметь вид, изображенный на рисунке 15, где V — приложенное к цепи напряжение, V_R — активная, слагающая напряжения V_c — емкостная, слагающая напряжения. При этом сила тока будет:

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + x_c^2}}.$$

§ 60. **Треугольник сопротивлений** (рис. 16) получается также делением сторон треугольника напряжений на силу тока.

Обозначения сопротивлений: R — активное, x_c — емкостное и Z — полное сопротивление цепи в омах.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ АКТИВНОГО (R), ИНДУКТИВНОГО (x_L) И ЕМКОСТНОГО (x_C) СОПРОТИВЛЕНИЙ

§ 61. Треугольник напряжений. Как известно индуктивная слагающая напряжения (V_L) опережает ток на 90° , а емкостная слагающая напряжения (V_C) отстает от тока на 90° , следовательно они направлены навстречу друг другу. Их алгебраическая сумма

$$V_x = V_L - V_C$$

называется реактивной слагающей напряжения.

Когда $V_L > V_C$ цепь имеет индуктивный характер, и ток будет отставать по фазе от напряжения (рис. 17).

Когда же $V_L < V_C$, то цепь будет иметь емкостный характер, и ток будет опережать по фазе напряжение (рис. 18).

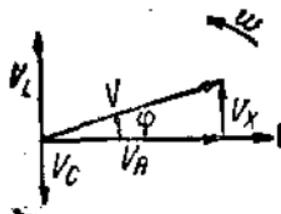


Рис. 17. Треугольник напряжений для индуктивной нагрузки

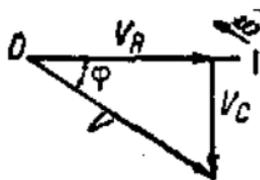


Рис. 18. Треугольник напряжений для емкостной нагрузки.

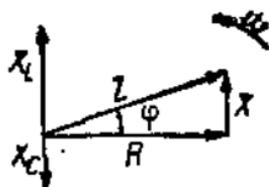


Рис. 19. Треугольник сопротивлений.

Из обоих треугольников напряжений видно, что приложенное напряжение равно:

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{V_R^2 + V_x^2}.$$

§ 62. Треугольник сопротивлений (рис. 19) будет иметь стороны: R — активное сопротивление, $x = x_L - x_C$ — реактивное сопротивление и Z — полное сопротивление всей цепи.

Из треугольника сопротивлений имеем:

$$R = Z \cdot \cos \varphi; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z};$$

$$x = Z \cdot \sin \varphi; \quad \sin \varphi = \frac{x}{Z};$$

$$Z = \sqrt{R^2 + x^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{R}.$$

§ 63. Закон Ома для переменного тока, в общей форме имеет следующее выражение:

$$J = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (V_L - V_C)^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{V}{Z}$$

сила тока (I) прямо пропорциональна приложенному напряжению (V) и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи (Z).

§ 64. Полное сопротивление последовательно соединенных цепей переменного тока находят или по правилу сложения векторов, тогда к концу вектора, изображающего полное сопротивление первой цепи, приставляют перенесенный параллельно самому себе вектор полного сопротивления второй цепи и т. д. Вектор (Z), соединяющий конец вектора (Z_n) полного сопротивления последней цепи с началом вектора (Z_1) полного сопротивления первой цепи, и будет суммарным полным сопротивлением цепи (рис. 20).

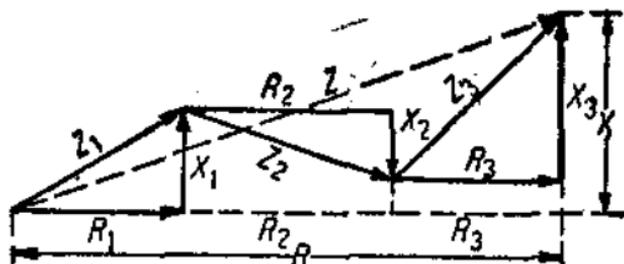


Рис. 20. Геометрическое сложение сопротивлений

Если вектор активного сопротивления первого треугольника сопротивлений продолжить и из конца вектора суммарного полного сопротивления (Z) опустить перпендикуляр до пересечения с линией активного сопротивления, то получится треугольник сопротивлений всей последовательно соединенной цепи.

В этом треугольнике горизонтальный катет представляет собой активное сопротивление всей цепи, равное (как видно из чертежа) $R = R_1 + R_2 + R_3$ арифметической сумме всех активных сопротивлений цепей составляющих.

Вертикальный катет представляет собой реактивное сопротивление всей цепи:

$$X = X_L - X_C = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} - X_{C1} - X_{C2} - X_{C3}$$

равное алгебраической сумме всех индуктивных и емкостных сопротивлений составляющих цепей.

Гипотенуза представляет полное сопротивление всей цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2}$$

равное геометрической сумме полных сопротивлений всех цепей составляющих.

Вышеописанный способ решения носит название графического метода определения сопротивлений.

Однако можно, сложив (арифметически) все активные сопротивления, получить активное сопротивление (R) всей цепи. Затем отдельно сложив (алгебраически, с учетом знака) индуктивные (+) и емкостные (-) сопротивления, получить индуктивное сопротивление (x) всей цепи.

Полное сопротивление тогда можно найти из выражения:

$$Z = \sqrt{R^2 + x^2}.$$

Такой способ решения задачи в числах носит название аналитического метода решения.

§ 65. Резонанс напряжений. Если при последовательном соединении R , x_L и x_C в цепи переменного тока наступает момент, когда:

$$x_L = x_C,$$

а следовательно

$$x = x_L - x_C = 0,$$

то реактивная слагающая напряжения ($V_x = J \cdot x = 0$) превращается в нуль, и цепь начинает вести себя так, как будто она имеет только активное сопротивление. $\cos \varphi$ становится равным 1. Все приложенное напряжение расходуется только на преодоление обычно очень небольшого, активного сопротивления цепи, что ведет к сильному нарастанию тока, а в связи с ним и к сильному нарастанию напряжений на зажимах самоиндукций и емкостей достигающих опасных для изоляции и обслуживающего персонала величин:

$$V_L = J \cdot x_L; V_C = J \cdot x_C.$$

Это явление носит название резонанса напряжений. Резонанс может получиться либо соответствующим подбором x_L и x_C , либо изменением частоты тока. Из условия

$$x_L = x_C,$$

или, что все равно

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

следует, что для любых значений L и C можно, достигнув частоты

$$f = \frac{1}{2 \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

называемой критической частотой, получить явление резонанса напряжений.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ АКТИВНОГО (R) ИНДУКТИВНОГО (x_L) И ЕМКОСТНОГО (x_C) СОПРОТИВЛЕНИЙ

§ 66. Треугольник токов. В случае параллельного соединения цепей удобней применять треугольники токов. На рисунке 21 изображен треугольник токов для случая индуктивной, а на рисунке 22 — треугольник токов для случая емкостной нагрузки.

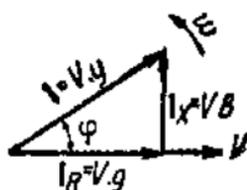


Рис. 21. Треугольник токов при индуктивной нагрузке.

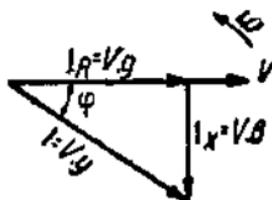


Рис. 22. Треугольник токов при емкостной нагрузке.

В треугольниках токов катет $J_R = J \cdot \cos \varphi$ изображает так называемую активную составляющую тока; она совпадает по фазе с приложенным напряжением.

Катет $J_x = J \sin \varphi$ изображает так называемую реактивную составляющую тока, она перпендикулярна к вектору приложенного напряжения.

Гипотенуза (I) изображает вектор суммарного тока

$$J = \sqrt{(J \cdot \cos \varphi)^2 + (J \cdot \sin \varphi)^2} = \sqrt{J_R^2 + J_x^2}.$$

§ 67. Треугольник проводимостей. Из вышеприведенных формул имеем:

$$J_R = J \cdot \cos \varphi = J \cdot \frac{R}{Z} = J \cdot \frac{Z}{Z} \cdot \frac{R}{Z} = V \cdot \frac{R}{Z^2} = V \cdot g;$$

$$J_x = J \cdot \sin \varphi = J \cdot \frac{X}{Z} = J \cdot \frac{Z}{Z} \cdot \frac{X}{Z} = V \cdot \frac{X}{Z^2} = V \cdot b.$$

Разделив длины сторон треугольника на величину напряжения V , получим подобный ему треугольник, называемый треугольником проводимостей (рис. 23).

Катеты треугольника: $g = \frac{R}{Z^2}$ — активная проводимость,

$b = \frac{X}{Z^2}$ — реактивная проводимость, $y = \sqrt{g^2 + b^2}$ — полная проводимость цепи.

§ 68. Полная проводимость параллельно соединенных цепей переменного тока определяется как геометрическая сумма проводимостей отдельных ветвей.

В случае аналитического метода решения задачи активную проводимость всей цепи находят как арифметическую сумму активных проводимостей отдельных ветвей:

$$g = g_1 + g_2 + \dots + g_n,$$

а реактивную проводимость всей цепи — как алгебраическую сумму реактивных проводимостей отдельных ветвей:

$$b = b_{L_1} + b_{L_2} + \dots + b_{L_n} - b_{C_1} - b_{C_2} - \dots - b_{C_n}.$$

Полная проводимость всего разветвления будет:

$$y = \sqrt{g^2 + b^2}.$$

§ 69. Первый закон Кирхгофа для переменного тока гласит: сила тока, притекающего к какой-либо точке разветвления.

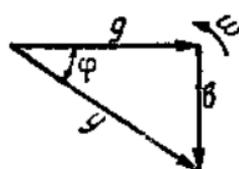


Рис. 23. Треугольник проводимостей.

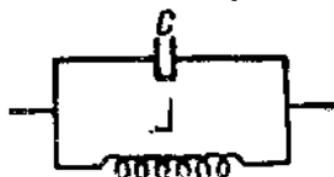


Рис. 24. Параллельное включение емкости и самоиндукции.

равна геометрической сумме сил токов, утекающих от нее

$$J = J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n.$$

Если токи в разветвлениях можно разложить на составляющие, то можно подсчет вести отдельно, при этом активная составляющая всего тока будет:

$$J \cdot \cos \varphi = J_1 \cdot \cos \varphi_1 + J_2 \cdot \cos \varphi_2 + \dots + J_n \cdot \cos \varphi_n,$$

а реактивная составляющая, с учетом знаков индуктивной и емкостной составляющих, будет:

$$J \cdot \sin \varphi = J_1 \sin \varphi_1 + J_2 \sin \varphi_2 + \dots + J_n \sin \varphi_n.$$

Суммарный ток:

$$J = \sqrt{(J \cdot \cos \varphi)^2 + (J \cdot \sin \varphi)^2}.$$

§ 70. Резонанс токов. При параллельном включении емкости и самоиндукции (рис. 24) могут быть случаи, что их проводимости

ности равны друг другу. Но так как они имеют разный знак, то суммарная реактивная проводимость всей цепи получается равной нулю, т. е. вся цепь в целом будет иметь большое сопротивление, и в нее почти не будет поступать ток извне, но зато внутри этих параллельных ветвей могут циркулировать реактивные слагающие токов весьма значительной величины. При этом $\cos \varphi$ всей цепи равен 0.

Активная проводимость (g) и реактивная проводимость (b) не являются обратными величинами активному и реактивному сопротивлениям.

Полное сопротивление и полная проводимость — взаимобратные величины.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 71. Мгновенное значение мощности равно произведению мгновенных значений тока и напряжения.

Для того чтобы получить кривую изменения мощности, нужно на плоской диаграмме перемножить соответствующие ординаты тока и напряжения.

§ 72. Активная мощность (P) — мощность, совершающая работу (механическую, тепловую и т. п.).

В общем случае она выражается следующей формулой:

$$P = V \cdot J \cdot \cos \varphi = J^2 \cdot R = V^2 \cdot g = V_R \cdot J = V \cdot J_R,$$

где P — активная мощность в ваттах, V — действующее напряжение в вольтах, J — действующая сила тока в амперах, $\cos \varphi$ — косинус угла сдвига фаз тока и напряжения.

§ 73. Реактивная мощность (P_x) — мощность, целиком идущая на создание электрических и магнитных полей, работы она не совершает.

Реактивная мощность выражается следующей формулой:

$$P_x = V \cdot J \cdot \sin \varphi,$$

где P_x — реактивная мощность в вольт/амперах, V — действующее напряжение, J — действующая сила тока, $\sin \varphi$ — синус угла сдвига фаз тока и напряжения.

§ 74. Кажущаяся мощность (P_z) — произведение действующей величины напряжения на действующую величину тока:

$$P_z = V \cdot J = \sqrt{P^2 + P_x^2}$$

измеряется в вольт/амперах (VA), а при больших мощностях — в киловольт/амперах, так называемых $kVA = KVA$

$$KVA = 1000 VA.$$

Кривые изменения мощности. а) На рисунке 25 изображена кривая мощности для цепи с активной нагрузкой ($R > 0$) и индуктивностью равной нулю ($x = 0$).

В этом случае ток совпадает по фазе с напряжением ($\cos \varphi = 1$), и ординаты мощности все время положительны.

Заштрихованная площадка представляет собой расход энергии, вся энергия имеет положительное значение — направлена от генератора к потребителям энергии.

На рисунке 26 изображена кривая мощности для цепи с чисто индуктивной нагрузкой ($X > 0$; $R = 0$).

В этом случае кривая тока отстает от напряжения на 90° .

$$\cos \varphi = 0.$$

Кривая мощности расположена симметрично относительно оси (ωt). Таким образом при чисто индуктивной нагрузке генера-

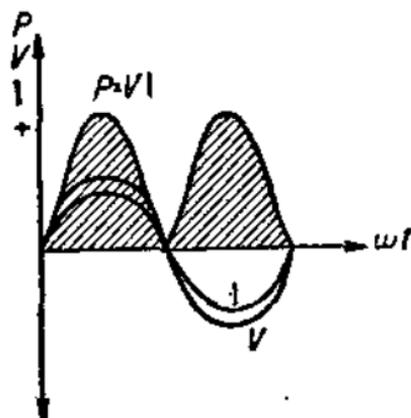


Рис. 25. Кривая мощности при чисто активной нагрузке.

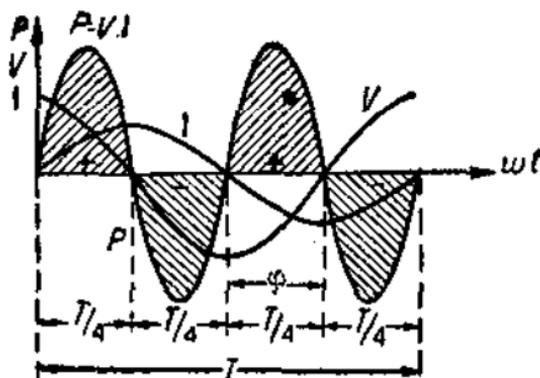


Рис. 26. Кривая мощности при чисто индуктивной нагрузке.

тор забирает обратно за вторую четверть отданную в сеть за первую четверть периода энергию и т. д.

В случае чисто емкостной нагрузки кривая тока опережала бы напряженне на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$, но при этом все равно $\cos \varphi = 0$ и все явления с мощностью носили бы такой же характер.

в) В общем случае, когда $R \neq 0$; $X \neq 0$, а следовательно $I > \cos \varphi > 0$ (рис. 27), мы имеем величину заштрихованных площадок вверх, большую величины заштрихованных площадок вниз. Разность между этими площадками показывает энергию, которую генератор отдает на работу в виде активной мощности $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$.

§ 75. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) — косинус угла сдвига фаз между током и напряжением. Коэффициент мощности показывает, какая часть кажущейся мощности превращается в работу (в активную мощность).

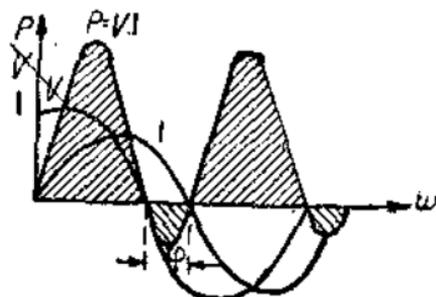


Рис. 27. Кривая мощности при смешанной нагрузке.

$$\cos \varphi = \frac{P}{P_2} = \frac{V \cdot I \cdot \cos \varphi}{V \cdot I}$$

Чем выше $\cos \varphi$ (косинус фи), тем совершенней и выгодней считается электроустановка. При малых значениях $\cos \varphi$ электромашин и сети кроме работающих активных токов загружаются еще не производящими активной работы реактивными токами, что:

- 1) вызывает увеличение сечения проводов линии и обмоток электромашин и
- 2) увеличивает потери мощности в проводах.

* ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

ПОТЕРИ В ЖЕЛЕЗЕ И СКИН-ЭФФЕКТ

§ 76. Потери на гистерезис [P_h] на один кубический дециметр железа определяют:

а) при индукциях меньше 10 000 гаусс по формуле Штейнметца:

$$P_h = 631 \cdot \eta \cdot \left(\frac{f}{100}\right) \cdot \left(\frac{B_{\max}}{1000}\right)^{1,6} \frac{\text{Ватт}}{\text{дм}^3},$$

б) при индукциях выше 10 000 гаусс определяют по формуле Рихтера:

$$P_h = 231 \cdot \eta \cdot \left(\frac{f}{100}\right) \cdot \left(\frac{B_{\max}}{1000}\right)^2 \frac{\text{Ватт}}{\text{дм}^3},$$

где η — коэффициент, зависящий от свойств железа, расположен в следующих пределах:

- | | | | | | | | |
|-----------------|----|----------|-----|---------------|-----------|-----------|--------|
| $\eta = 0,0020$ | до | $0,0030$ | для | обыкновенного | динамного | железа | |
| $\eta = 0,0016$ | » | $0,0020$ | » | хорошего | динамного | железа | |
| $\eta = 0,0012$ | » | $0,0020$ | » | очень | хорошего | динамного | железа |
| $\eta = 0,0007$ | » | $0,0008$ | » | легированного | железа. | | |

(Легированным называется железо с примесью кремния).

§ 77. Потери на токи Фуко (P_f) на один кубический дециметр железа определяют по формуле:

$$P_f = \sigma_f \left(\frac{f}{100} \cdot \frac{B_{\max} f'}{1000} \cdot \Delta \right)^2 \frac{\text{ватт}}{\text{дм}^3},$$

где f — коэффициент, зависящий от свойства железа, лежит в пределах 1,6—2; f' — коэффициент, зависящий от формы кривой изменения э. д. с. (для синусоиды $f' = 1,11$), Δ — толщина листового железа в мм.

§ 78. Скин-эффект. При прохождении переменного тока по проводнику под влиянием самоиндукции, ток как бы отбрасывается к поверхности проводника. Это явление носит название поверхностного эффекта или скин-эффекта. Неполное использование переменным током всего поперечного сечения проводника вызывает некоторое увеличение его сопротивления переменному току, по сравнению с его сопротивлением постоянному току, и соответственно некоторое увеличение тепловых (джоулевых) потерь.

Величина активного сопротивления определяется выражением: $R = \alpha R_0$,

где R — активное сопротивление в омах.

R_0 — сопротивление постоянному току в омах.

α — коэффициент, зависящий от сечения проводника, его магнитной проницаемости и частоты тока.

Таблица значений α для круглых медных проводов в зависимости от произведения fd^2 , где f — частота в герцах, d — диаметр проводника в сантиметрах

fd^2	18	320	500	720	980	1260	—
α	1,26	1,08	1,17	1,32	1,49	1,67	—
fd^2	1620	2000	2880	5120	8000	18000	32000
α	1,86	2,04	2,39	3,1	3,79	5,57	7,33

Скин-эффект учитывают при расчете проводов с большим сечением, при расчете проводов, обладающих высокой магнитной проницаемостью и при высоких частотах.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК

§ 79. **Трехфазный ток** — система трех переменных токов с одинаковой амплитудой в. д. с. и одинаковой частотой, но разнящихся по фазе на

$$\frac{2\pi}{3} = 120^\circ.$$

Векторная и плоская диаграммы трехфазного тока изображены на рисунке 28.

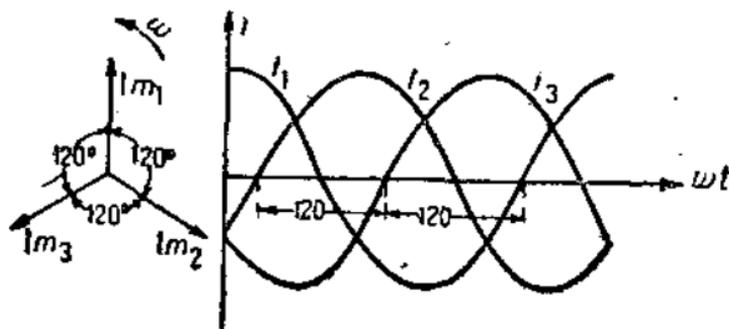


Рис. 28. Векторная и плоская диаграмма трехфазного тока.

Мгновенные значения сил токов определяются следующими выражениями:

$$i_1 = J_m \sin \omega t; \quad i_2 = J_m \sin (\omega t - 120^\circ); \quad i_3 = J_m \sin (\omega t - 240^\circ).$$

Сумма мгновенных значений трехфазного тока в любой момент времени равна нулю:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0.$$

Отдельная часть многофазной системы, состоящая из обмотки источника тока, проводов и нагрузки обычно называется фазой.

§ 80. Соединения обмоток трехфазных электрических машин осуществляют большей частью двумя способами:

а) Соединение звездой (рис. 29). При звезде (Y) три одноименные конца всех 3 фаз обмоток соединяют вместе. Место их соединения называют нулевой точкой, или нулем. Из нулевой точки очень часто ведут четвертый, так называемый «нулевой» провод. Начала всех трех обмоток выводят наружу (на клеммы).

б) Соединение треугольником (Δ) (рис. 30). Конец 1-й фазы соединяют с началом второй, конец 2-й — с началом 3-й и конец 3-й — с началом 1-й фазы.

§ 81. Линейные и фазные величины 3-фазной системы.

а) Линейное напряжение V_L — напряжение между любыми двумя проводами трехпроводной трехфазной линии.

б) Линейный ток J_L — ток, текущий в одном из проводов трехпроводной, трехфазной линии.

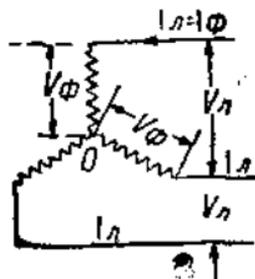


Рис. 29. Соединение звездой.

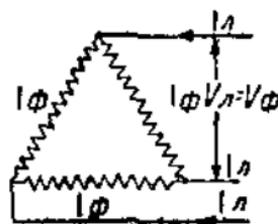


Рис. 30. Соединение треугольником.

в) Фазное напряжение V_ϕ — напряжение между началом и концом фазы обмотки машины.

г) Фазный ток J_ϕ — ток, текущий в одной из фаз обмотки машины.

Соотношение линейных и фазных величин в случае равномерной нагрузки:

а) При соединении звездой Δ

$$J_L = J_\phi; V_L = V_\phi \sqrt{3}; V_\phi = \frac{V_L}{\sqrt{3}}.$$

б) При соединении треугольником

$$J_L = J_\phi \cdot \sqrt{3}; V_L = V_\phi; J_\phi = \frac{J_L}{\sqrt{3}}.$$

§ 82. Мощность в цепи трехфазного тока при равномерной нагрузке фаз определяется и для звезды и для треугольника следующими выражениями:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot J_L \cdot \cos \varphi,$$

где P — мощность в ваттах, $\sqrt{3} = 1,73$ — постоянный коэффициент, V_L — линейное напряжение в вольтах, J_L — линейная

сила тока в амперах, φ — угол сдвига фаз между током и напряжением одной и той же фазы.

§ 83. Вращающееся магнитное поле. Если три катушки трехфазной системы расположить так, чтобы оси их были сдвинуты в пространстве на 120° по отношению друг к другу, то при включении тока эти катушки создадут вращающееся магнитное поле, величина потока которого остается постоянной.

Число оборотов в минуту у вращающегося поля зависит от частоты тока и числа полюсов, образованных при изготовлении обмотки, и выражается следующей формулой

$$n = \frac{60}{p} \cdot f,$$

где n — число оборотов в минуту магнитного поля, f — число периодов в секунду, p — число пар полюсов.

ЛИТЕРАТУРА

„СЭТ“ „Электротехнический справочник Фауля“ и „Электротехнический справочник под редакцией Ю. А. Рейнгольда и М. Е. Сыркина“

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 84. 1. Измерить какую-либо величину значит сравнить ее с аналогичной величиной, принятой за единицу.

2. Эталон — точно приготовленный образец единицы измерения, утвержденный международным соглашением.

3. Абсолютная ошибка (погрешность) — разность между показанием прибора N и действительным значением измеряемой величины M ($N - M$).

Если прибор имеет абсолютную положительную ошибку, ее надо вычесть из его показаний, а отрицательную ошибку надо прибавить к его показаниям.

Относительная ошибка измерения обычно дается в процентах и определяется как

$$\frac{N - M}{M}$$

Приборы различаются по принципу своего устройства и действия, по точности показаний и по измеряемой величине.

§ 85. По принципу устройства и действия различают следующие приборы:

1. Магнито-электрические. Состоят из неподвижного постоянного магнита (рис. 31) и из подвижной вращающейся катушки, с которой жестко связана указательная стрелка. Вследствии взаимодействия магнитного поля, постоянного магнита и магнитного поля тока, проходящего по катушке, последняя отклоняется на угол, пропорциональный силе тока. Такие приборы пригодны только для измерений постоянного тока и имеют равномерную шкалу.

2. Электромагнитные (рис. 32). Состоят из неподвижной катушки, через которую проходит измеряемый ток, и железной пластинки, посаженной на ось вместе с указательной стрелкой.

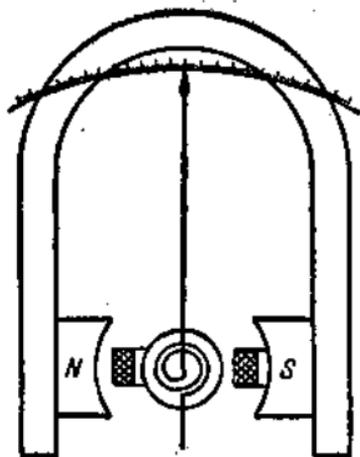


Рис. 31. Схема устройства магнито-электрического прибора.

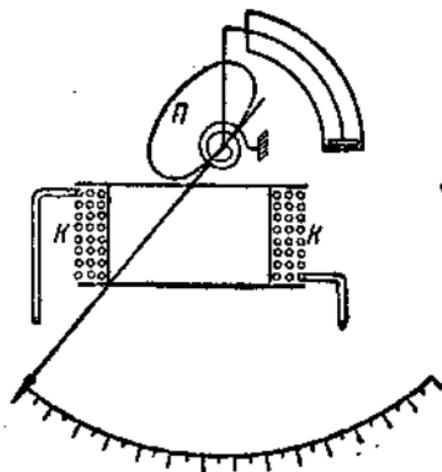


Рис. 32. Схема устройства электромагнитного прибора.

K — катушка, *П* — пластинка.

При прохождении тока через катушку (*K*) железная пластинка (*П*) втягивается внутрь катушки, поворачивая ось вместе со стрелкой.

Прибор обладает неравномерной шкалой. Пригоден как для постоянного, так и для переменного тока.

3. Электродинамические (рис. 33). Состоят из двух катушек неподвижной (*K*) и подвижной (*K*₁). При прохождении тока через катушки благодаря взаимодействию магнитных полей катушек подвижная катушка поворачивается, увлекая с собой стрелку, сидящую с ней на одной оси. Электродинамические приборы имеют неравномерную шкалу, пригодны для постоянного и переменного тока.

Они могут быть: а) без железа в магнитной цепи; б) с железом в магнитной цепи (ферродинамические).

Точные приборы этого типа имеют железную оболочку (экран), защищающую их от влияния внешних магнитных полей.

4. Индукционные. Состоят из нескольких неподвижных катушек, создающих при прохождении через них тока вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой помещенный в этом поле алюминиевый диск.

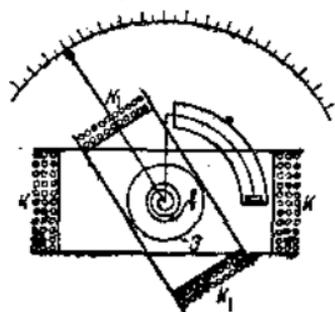


Рис. 33. Схема устройства электродинамического прибора.

Приборы этого типа пригодны только для переменного тока.

5. Тепловые. Принцип их действия основан на удлинении металлической нити от нагревания измеряемым электрическим током, в цепь которого она включается. Удлинение нити вызывает отклонение стрелки с ней связанной.

Приборы этого типа пригодны для измерений постоянного и переменного тока.

6. Вибрационные. Состоят из катушки, включенной в цепь измеряемого тока, и набора стальных пластинок, жестко укрепленных в одном конце и обладающих различной способностью приходить в колебательное движение (различной собственной частотой колебаний).

Под действием магнитного поля измеряемого тока наибольшая размах колебаний будет иметь та пластинка, у которой собственная частота колебаний равна частоте измеряемого тока.

Прибор пригоден только для переменного тока.

Кроме этих приборов в практической электротехнике сильных токов значительно менее и со специальными целями применяются электроизмерительные приборы: электростатические, термометрические и электронные.

Таблица наиболее часто применяемых электроизмерительных приборов

Измеряемые величины	Название измерительного прибора	Единица измерения
Электрическое напряжение	Вольтметр	Вольт
Электрический ток	Амперметр	Ампер
Сопротивление	Омметр	Ом
Электрическая мощность	Ваттметр	Ватт, киловатт
Электрическая энергия, работа электрического тока	Счетчик электрической энергии	Гектоваттчас, киловаттчас
Сдвиг фаз	Фазометр	Cos φ, градусы
Частота	Частотомер	Герц (число периодов в секунду)

§ 86. По точности показаний приборы делятся на три класса:

1. I класс

а) лабораторные (или образцовые) приборы обозначаются буквой «Л»;

б) контрольные приборы обозначаются буквой «К».

2. II класс

Технические приборы обозначаются буквой «Т».

3. III класс

Приборы-указатели обозначаются буквой «У».

Эти буквы, обозначающие класс прибора, помещаются на его шкале.

Отсутствие знака на шкале прибора указывает на то, что прибор не удовлетворяет требованиям ни одного из классов и является внеклассовым.

Для классовых приборов, по нормам Всесоюзного электротехнического съезда, допускается процент ошибки относительно наибольшего показания прибора, допускаемого его шкалой не выше нижеуказанных величин.

Таблица процентов ошибки относительно наибольшего показания прибора

Название приборов и измеряемой величины	I класс		II класс	III класс
	Класс Л + макс	Класс К + макс	Класс Т + макс	Класс У + макс
Вольтметры магнито-электрические . . .	0,2	0,3	1,0	2,0
" других систем	0,3	0,5	2,0	4,0
Амперметры магнито-электрические . . .	0,2	0,3	1,0	2,0
" других систем	0,4	0,6	2,0	4,0
Ваттметры	0,3	0,5	2,0	—
Омметры (в процентах от соответствующего показания)	0,2	0,3	1,0	2,0
Частотомеры вибрационные (в процентах от соответствующего показания)	—	—	1,0	2,0
Фазометры в угловых градусах	—	—	2,0	4,0

§ 87. Измерение электрического напряжения. Для измерения напряжения какой-либо электрической цепи необходимо параллельно к ней приключить вольтметр (рис. 34).

Вольтметры бывают: магнито-электрические, электромагнитные, электродинамические, тепловые и электростатические.

Для расширения пределов измерения вольтметра служит: 1) до 500—600 вольт добавочное сопротивление (R_d), 2) свыше 600 вольт переменного тока измерительные трансформаторы напряжения.

Добавочное сопротивление включается последовательно с

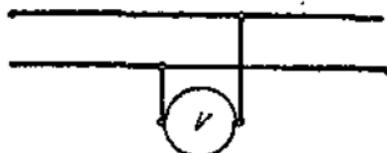


Рис. 34. Схема включения вольтметра в цепь электрического тока.

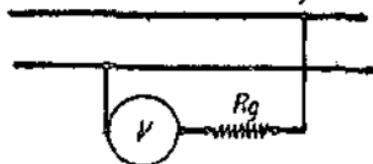


Рис. 35. Схема включения добавочного сопротивления к вольтметру.

вольтметром (рис. 35). Определение величины добавочного сопротивления производится по формуле:

$$R_{доб} = R_v (n - 1),$$

где R_v — сопротивление вольтметра, а n — число, показывающее во сколько раз надо увеличить пределы измерений.

Вследствие расширения предела измерения шкалы увеличивается цена одного деления ее — число вольт, приходящееся на 1 деление.

В практике лабораторных измерений пользуются вольтметрами с несколькими пределами измерений. Внутри этих приборов находится добавочное сопротивление, разделенное на отдельные части, концы которых выведены наружу.

Цифра, стоящая у клеммы, указывает предел измерения прибора при включении его данной клеммой и начальной клеммой.

Для измерения малых напряжений постоянного тока пользуются высокочувствительными магнито-электрическими вольтметрами, дающими показания в тысячных долях вольта (в милливольтгах).

§ 88. Измерение силы тока. Для измерения силы тока, протекающего в электрической цепи, необходимо амперметр включить последовательно в эту цепь (рис. 36).

Амперметры бывают магнито-электрические, электромагнитные, электродинамические, тепловые.

Для расширения пределов измерения амперметров служат: а) шунты, б) измерительные трансформаторы тока.

Шунты подключаются параллельно к клеммам амперметра, пропуская таким образом через себя большую часть тока, протекающего в цепи (рис. 37).

Сопротивление шунта определяется по формуле:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_a}{n-1},$$

где R_a — сопротивление амперметра, а n — число, показывающее во сколько раз надо увеличить предел измерения амперметра.

Шунты применяются главным образом для измерения силы постоянного тока и в редких случаях при измерении силы переменного тока (тепловыми амперметрами).

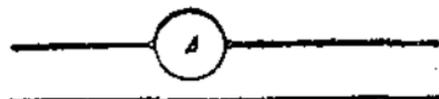


Рис. 36. Схема включения амперметра в цепь электрического тока.

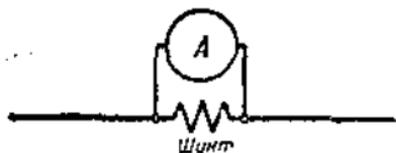


Рис. 37. Схема включения амперметра с шунтом.

Электродинамические амперметры имеют катушку, состоящую из нескольких частей, концы которых выведены к штепсельным гнездам на крышке прибора. С помощью штепселей можно части обмоток соединить между собой последовательно, параллельно и смешанно, что меняет предел измерений прибора.

Для измерения малых сил постоянного тока служат магнито-электрические приборы высокой чувствительности — миллиамперметры.

Для измерения постоянного тока в пределах от тысячных долей ампера и меньше служат гальванометры.

Выпускаемые ВЭО стрелчатые гальванометры имеют постоянную порядка 10^{-6} А на одно деление шкалы.

§ 89. Измерение сопротивлений. Метод амперметра и вольтметра. Применение его основано на законе Ома:

$$J = \frac{E}{R},$$

откуда:

$$R = \frac{E}{J}.$$

Следует иметь в виду, что при измерениях сопротивлений в цепях переменного тока этим методом, получаем в результате значение общего или кажущегося сопротивления (Z).

Метод замещения. При измерении сопротивлений этим методом приборы включаются, как указано на рисунке 33.

При постоянном значении напряжения на зажимах 1—2 измеряют значение силы тока (J_x), проходящего по цепи в случае включения измеряемого сопротивления R_x (нижнее положение, переключателя K).

Затем ставят переключатель в верхнее положение, включая в цепь набор известных сопротивлений «М» (магазин сопротивлений).

Сопротивление магазина подбирают таким образом, чтобы сила тока, протекающего в цепи равнялась ранее получаемому значению J_x . Тогда величина измеряемого сопротивления равна выбранному сопротивлению магазина.

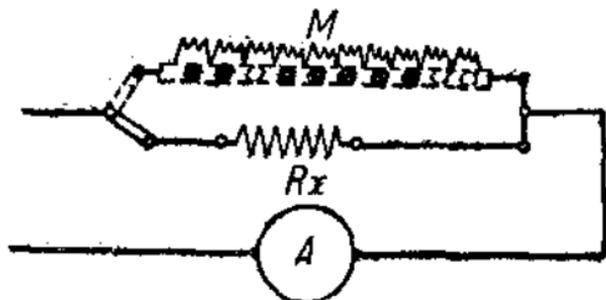


Рис. 38. Схема включения при измерении сопротивления методом замещения.

Магазин сопротивлений представляет собою набор сопротивлений, величина которых точно известна и практически не изменяется со временем и колебаниями температуры.

Концы сопротивлений выводятся к латунным пластинкам, между которыми имеются гнезда для штекселей.

Вставляя штексель в гнездо, мы шунтируем сопротивление, выключая его из цепи тока. Вынимая штексель из гнезда, мы вводим в цепь то сопротивление, которое подключено к пластинкам, ранее замыкавшимся этими штекселем.

Омметр — технический прибор, служащий для измерения сопротивлений. Шкала омметра отградуирована непосредственно в омах или миллионах омов (мегахмах).

Омметры бывают трех типов.

Омметр первого типа (рис. 39) представляет собою обычный магнито-электрический вольтметр, последовательно с которым к источнику постоянного тока включается измеряемое сопротивление.

Так как прибор отградуирован в омах, то стрелка его указывает непосредственную величину сопротивления. Прибор градуируется при определенном значении напряжения, которое каждый раз устанавливается перед измерением путем регулировки специального электрического или магнитного шунта. Для пра-

вильной работы прибора необходимо, чтобы при замыкании клемм 1 и 2 стрелка стала в нулевое положение.

В качестве источника тока может быть либо внешняя сеть либо индукторы, представляющие конструктивно одно целое с омметром.

Омметр второго типа представляет собою мостик Унго-стона, у которого одно из плеч имеет сопротивление меньше, чем то, которое необходимо для отсутствия тока в цепи гальванометра. В это плечо включается измеряемое сопротивление. Шкала гальванометра градуируется в омах. Этот прибор также требует постоянного напряжения источника тока.

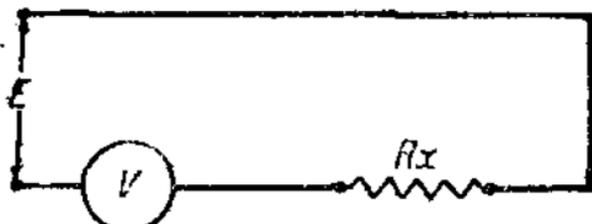


Рис. 39. Выключение омметра первого типа.

Существенный недостаток омметров первых двух типов (зависимость показаний от напряжения источника) устранен в омметрах третьего типа (рис. 40), которые представляют собою магнито-электрический прибор без противодействующей пружины.

На оси прибора жестко укреплены крестообразно две катушки k_1 и k_2 . Последовательно с катушкой (k_1) включено измеряемое сопротивление (R_x), последовательно со второй катушкой (k_2) включается известное сопротивление (R). При прохождении тока через катушки подвижная система поворачивается на некоторый угол, зависящий от величины сопротивления R_x , значение которого (R_x) и показывает стрелка на шкале прибора.

Мегер — прибор, служащий для измерения очень больших сопротивлений изоляций. Он представляет собой более сложную конструкцию омметра третьего типа с индуктором, вделанным в кожух прибора.

Измерение сопротивления производится, как указано на рисунке 41, для определения сопротивления изоляции двух проводов по откошению друг к другу и, как указано на рисунке 42, для определения изоляции провода относительно земли.

Все измерения сопротивления изоляции производятся при отсутствии тока в цепи выключенной нагрузки.

Измерение сопротивлений заземления. Измерение сопротивлений заземления способом двух вспомогательных сопротивлений, имеющих переходное сопротивление R_1

и R_2 , производится мостом Кольрауша (рис. 43).

Вспомогательные заземления могут быть из железного незаржавевшего лома, труб и т. д. Для определения сопротивления R включают в мост к зажимам $x-x'$ поочередно зажимы 1—2; 1—3 и 2—3, находя таким образом соответственно $k_1 = R +$

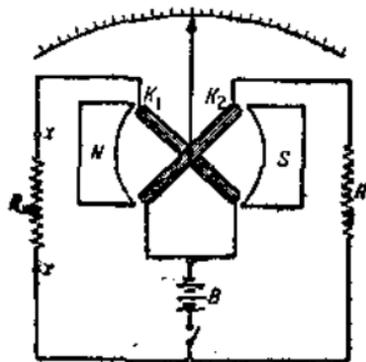


Рис. 40. Схема устройства омметра третьего типа с двумя крестообразно расположенными катушками.

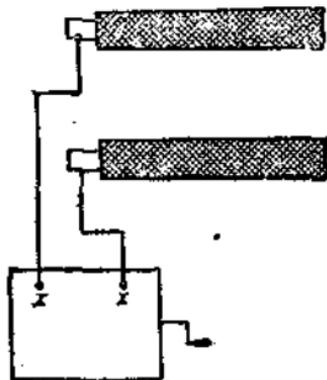


Рис. 41. Измерение сопротивления изоляции проводов по отношению друг к другу с помощью мегера.

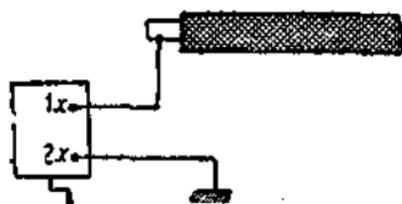


Рис. 42. Измерение сопротивления изоляции провода по отношению к земле с помощью мегера.

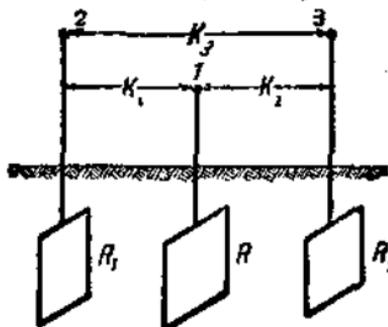


Рис. 43. Измерение сопротивления заземления способом двух вспомогательных сопротивлений

$+ R_1$, $k_2 = R + R_2$, $k_3 = R_2 + R_1$, откуда после преобразования исключаем величины R_1 и R_2 и находим значение

$$R = \frac{K_1 + K_2 - K_3}{2}.$$

§ 90. Измерение мощности электрического тока. Измерение мощности постоянного тока производится методом амперметра и вольметра (рис. 44).

$$P = \frac{E_v \cdot J}{1000} \text{ киловатт.}$$

Для измерения мощности цепи ваттметром он включается, как указано на рисунке 45.

Толстая или амперметровая неподвижная обмотка (R^A включается в цепь последовательно, тонкая или вольтметровая подвижная обмотка включается в цепь параллельно (как вольтметр).

Для того чтобы мерять мощность цепи с различными напряжениями, последовательно с вольтметровой обмоткой включается добавочное сопротивление R_g .

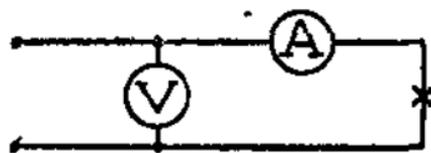


Рис. 44. Схема включения приборов при измерении мощности.

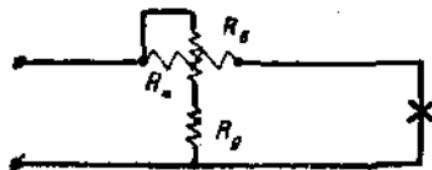


Рис. 45. Включение ваттметра в цепь электрического тока.

§ 91. Измерение мощности цепей переменного тока. Мощность цепи однофазного переменного тока измеряется ваттметром. Для точных измерений применяется электродинамический ваттметр, в других случаях — индукционный ваттметр.

1. В случае равномерной нагрузки всех трех фаз с доступной нулевой точкой достаточно измерить мощность одной фазы, P фазовое ($P\phi$), включив ваттметр, как указано на рисунке 46.

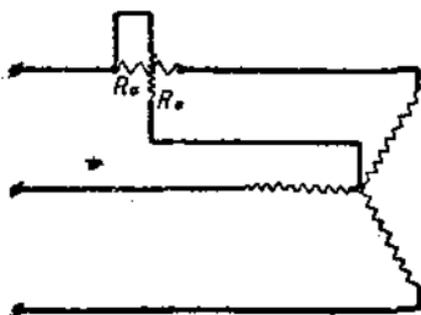


Рис. 46. Измерение мощности трехфазного тока при равномерной нагрузке фаз и доступной нулевой точке однофазным ваттметром.

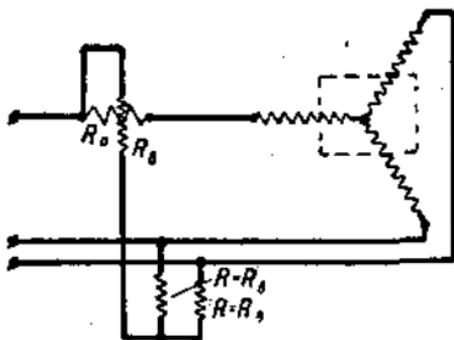


Рис. 47. Измерение мощности трехфазного тока при равномерной нагрузке фаз однофазным ваттметром с искусственной нулевой точкой.

В случае недоступной нулевой точки последняя создается искусственно путем включения в звезду вольтметровой обмотки и двух безиндукционных сопротивлений, равных ей по величине (рис. 47).

В обоих случаях общая мощность цепи равна сумме мощностей трех фаз, то есть показанию ваттметра, умноженному на 3; $P = 3P_{\phi}$.

2. Измерение мощности неравномерно нагруженной 3-фазной системы производится методом двух ваттметров, включаемых по схеме Арона (рис. 48).

При этом общая мощность цепи равна показаниям обоих ваттметров $P = P_1 + P_2$. Ваттметры могут включаться в любую пару фаз.

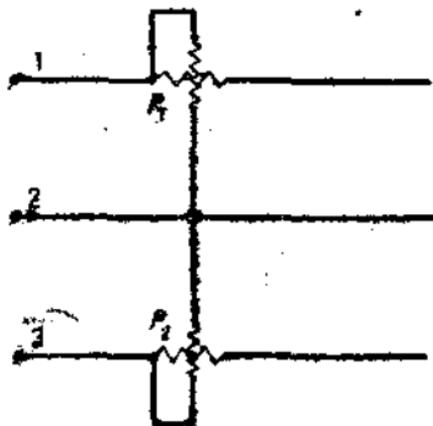


Рис. 48. Измерение мощности трехфазного тока по схеме Арона.

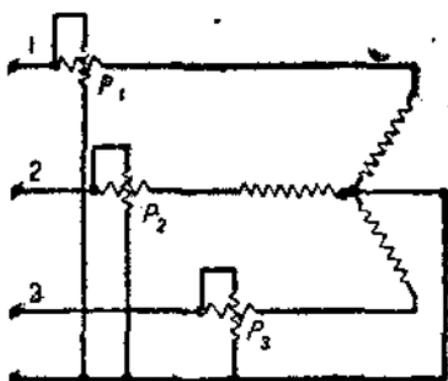


Рис. 49. Измерение мощности трехфазного тока при четырехпроводной системе.

При спокойной (неколеблющейся или мало колеблющейся) нагрузке можно пользоваться одним ваттметром, включая его поочередно в две различные фазы. В этом случае пользуются специальным рубильником.

Технические ваттметры для измерения мощности трехфазного тока по методу Арона представляют собою два смонтированных в одном корпусе ваттметра, подвижные системы которых связаны. Ваттметр указывает сразу полную мощность цепи.

При наличии нулевого провода (четырепроводная система) измерение мощности системы производится, как указано на рисунке 49, или методом одного ваттметра в случае равномерной нагрузки фаз: $P = P_1 + P_2 + P_3$.

Лабораторные электродинамические ваттметры имеют несколько пределов измерения по силе тока. Амперметровая обмотка этих ваттметров разделена на несколько частей, концы которых выведены на крышку прибора к штепсельным гнездам переключателей.

Переключением штепселей и переключателей достигается последовательное, параллельное или смешанное соединение частей обмоток между собой. Каждому такому соединению соответ-

ствуется своя наибольшая сила тока, и поэтому свой отличный от других предел измерения мощности.

§ 92. Измерение электрической энергии или работы электрического тока. Работа электрического тока равна произведению мощности на время.

$$A = P \cdot t.$$

Приборы, учитывающие (регистрирующие) работу электрического тока, называются счетчиками.

Для измерения (учета) израсходованной энергии (работы) в электрической цепи при постоянном токе употребляются электродинамический счетчик работает на принципе мотора постоянного тока.

а) Измерение работы постоянного тока. Электродинамический счетчик работает на принципе мотора постоянного тока без железа (рис. 50).

Рабочий ток проходит через неподвижные катушки, создающие магнитное поле. Якорь «Я» питается через коллектор и щетки от сети. Взаимодействием магнитных полей катушек А и якоря Я приводит во вращение якорь, число оборотов которого пропорционально работе $P = E \cdot j \cdot t$.

На одной оси с якорем посажен алюминиевый диск Д вращающийся в поле постоянного магнита Ч, создавая тормозной момент счетчика.

R — добавочное сопротивление обмотки якоря, а Dk — добавочная катушка или компенсирующая обмотка, которая устраняет замедление вращения якоря от трения вращающихся частей. Как видно из чертежа, счетчик включается в цепь, как ваттметр.

б) Измерение работы переменного тока. Индукционный счетчик представляет собою две неподвижные катушки, насаженные на железные сердечники и расположенные таким образом, что при прохождении по ним тока алюминиевый диск, находящийся между ними, приходит во вращение.

Одна катушка (амперметровая) включается в цепь последовательно, а другая (вольтметровая) — параллельно. Тормозной момент счетчика создается постоянным магнитом, в поле которого вращается вышеуказанный алюминиевый диск.

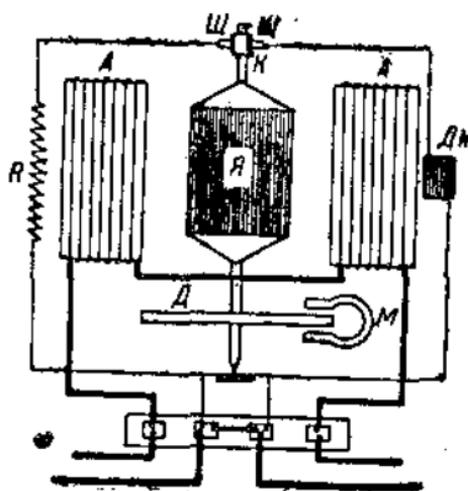


Рис. 50. Схема устройства электродинамического счетчика постоянного тока.

Число оборотов счетчика пропорционально израсходованной энергии, т. е. работе произведенной током.

Счетчики включаются так же, как ваттметры (рис. 45, 46, 47, 48 и 49).

§ 93. Определение коэффициента мощности ($\cos \varphi$) и частоты

а) Косвенный метод определения коэффициента мощности с помощью амперметра, вольтметра и ваттметра заключается в том, что, зная одновременное показание этих приборов в данной цепи переменного тока, находят коэффициент мощности по формулам для однофазного тока:

$$\cos \varphi = \frac{P}{E \cdot J},$$

для трехфазного:

$$\cos \varphi = \frac{P}{E \cdot J \cdot \sqrt{3}},$$

где J и E — междуфазовые (линейные) значения тока и напряжения.

б) Непосредственный метод определения коэффициента мощности заключается в том, что специальный прибор — фазометр, включенный в цепь переменного тока, указывает непосредственно на своей шкале значение коэффициента мощности.

Фазометр включается в цепь как обычный ваттметр (рис. 45) и по принципу своей работы относится к электродинамическим приборам.

в) Измерение частоты. Измерение частоты переменного тока производится главным образом вибрационными частотомерами, которые включаются в цепь параллельно, т. е. как вольтметр. Частота определяется той цифрой на шкале, против которой колеблется одна из пластинок частотомера.

§ 94. Измерительные трансформаторы тока (рис. 51). В случае большой величины тока в измеряемой цепи его величина понижается в несколько раз с помощью трансформаторов тока.

Коэффициентом трансформации называется число, показывающее, во сколько раз сила тока во вторичной цепи меньше, чем в первичной.

$$K = \frac{J_1}{J_2} = \frac{W_2}{W_1},$$

где W_1 и W_2 — число витков обмоток.

Сила тока во вторичной обмотке измерительных трансформаторов тока обычно составляет 5 А при полной нагрузке.

При высоком напряжении в линии трансформаторы тока отделяют от него измерительные приборы и создают условия для безопасной работы персонала.

Существуют трансформаторы тока, для которых первичной обмоткой служит сам рабочий провод цепи.

Меры предосторожности при работе с трансформатором тока. Если при работе трансформатора из вторичной цепи выключены измерительные приборы, то зажимы вторичной цепи обязательно должны быть замкнуты накоротко, так как в противном случае железо трансформатора сильно нагреется, что в конечном счете выводит трансформатор из строя; кроме того на зажимах вторичной обмотки появляется высокое напряжение, опасное для обслуживающего персонала.

§ 95. Измерительные трансформаторы напряжения (рис. 52). В случае высокого напряжения, превышающего предел измерения

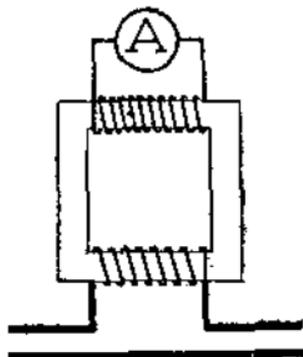


Рис. 51. Измерение силы тока с помощью трансформатора тока.

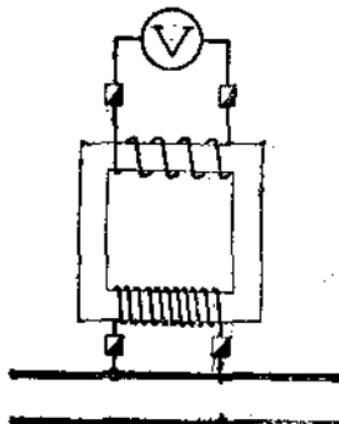


Рис. 52. Измерение напряжения с помощью трансформатора напряжения.

обычных измерительных приборов, оно понижается с помощью измерительных трансформаторов напряжения.

Меры предосторожности при работе с трансформаторами напряжения. Трансформаторы напряжения должны иметь предохранители как с высокой, так и с низкой стороны.

В отличие от трансформатора тока клеммы вторичной обмотки трансформатора напряжения ни в коем случае не должны замыкаться накоротко, так как это выведет трансформатор из строя.

При работе на высоком напряжении кожухи и вторичные обмотки как трансформаторов тока, так и напряжения должны быть заземлены.

§ 96. Электрические измерения температуры. Термопары. Если нагреть место спая двух проводов из различных металлов, то между двумя другими концами этих проводов появится электродвижущая сила (разность потенциалов), которая измеряется путем включения в свободные концы точного гальвано-

метра. Эта электродвижущая сила называется термоэлектрической и у данной пары металлов зависит от разности температур точки спая и свободных концов, поэтому, измеряя ее гальванометром, можно определять и температуру точки спая.

Для термопар употребляются такие пары металлов, которые дают на 1° разности температур между местом спая и свободными концами наибольшую термоэлектродвижущую силу.

В сельском хозяйстве, где имеют место измерения главным образом низких температур (до 100°), применяются пары железо-константан, медь-никелин, медь-константан, железо-медь и др.

Перед передачей в работу термопара градуируется вместе с гальванометром.

Отсчет температуры ведется либо по кривой градуировки либо шкала гальванометра градуируется прямо в градусах Цельсия. С помощью термопары можно определить одним гальванометром (переключая его с одной термопары на другую), температуру в нескольких точках удаленных на некоторое расстояние. Такое измерение температуры называется дистанционным.

ОТДЕЛ ТРЕТИЙ МАТЕРИАЛЫ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПРОВОДНИКИ

§ 1. Основными величинами, характеризующими проводники, являются: удельное сопротивление ρ в Ω мм², температурный коэффициент α (в омах на градусы) и удельный вес g —вес одного кубического сантиметра данного вещества (в граммах).

Удельное сопротивление, температурный коэффициент и удельный вес основных проводниковых материалов:

Материал	Удельное сопротивление в омах на 1 мм ² и метр при 15°C	Среднее значение температурного коэффициента в пределах от 0 до 100°C	Удельный вес
Алюминий	0,03	0,00423	2,6
Вольфрам	0,056(0°)	0,00464	18,7
Железо	0,10—0,14	0,00625	7,8
Золото	0,022(0°)	0,00377	19,3
Медь	0,017—0,075	0,00445	8,95
Латунь	0,07—0,058	0,00165	8,1
Олово	0,131(0°)	0,0044	7,3
Платина	0,094	0,00247	21,3
Ртуть	0,95	0,00027	13,6
Свинец	0,21	0,00411	11,4
Серебро	0,016—0,017	0,0040	10,5
Сталь	0,10—0,25	—	7,85
Уголь	100—1000	—	1,4
Цинк	0,06	0,0039	7,15

Примечание. Пометка (0°) против значения удельного сопротивления означает, что оно дано для температуры 0°C.

§ 2. Медь—наиболее распространенный проводник, представляет собою ковкий, легко тянущийся металл с температурой

плавления 1083°. В электротехнике применяется исключительно электролитическая медь, содержащая в себе 99,93% чистой меди. Различают медь мягкую, идущую преимущественно на изготовление изолированных проводов и кабелей, полутвердую, употребляемую в виде голых проводов для воздушных линий, и твердую, применяемую для контактных проводов в электрической тяге (трамвай, электрическая железная дорога).

§ 3. Латунь — сплав меди с цинком в различных соотношениях. Хорошо поддается механической обработке, обладает большей твердостью, чем медь, а потому идет на изготовление аппаратуры и установочного материала.

§ 4. Алюминий — легкий металл с удельным весом 2,6, т. е. почти в 3,5 раза легче меди, легко подвергается механической обработке, ковке, штамповке, а также и литью. Температура плавления 658°C.

Наличие трудноудаляемой окиси алюминия сильно затрудняет пайку алюминиевых проводов. Поэтому соединение алюминиевых проводов обычно производится специальными зажимами.

§ 5. Железо и сталь применяются в качестве электрических проводов покрытыми прочным слоем вещества, защищающего железо от окисления (ржавчины).

Покрытие может быть из цинка, олова, специальных красок и др.

Сопротивление и вес медных проводов некоторых стандартных сечений при 20°C

Поперечное сечение провода в квадратных миллиметрах	Диаметр провода в миллиметрах	Вес в килограммах на 1000 м длины провода	Сопротивление в омах на 1000 м длины провода	Длина провода в м на 1 кг веса	Длина провода в м на один ом сопротивления
0,75	0,977	6,68	29,7	150,0	42,9
1,00	1,13	8,90	17,5	112,0	57,14
1,50	1,38	13,4	11,7	74,6	85,7
2,50	1,78	22,25	7,00	44,0	144,0
4,00	2,26	35,6	4,38	28,1	228,0
6,00	2,76	53,4	2,92	18,7	343,0
10,00	3,57	89,0	1,75	11,2	571,0
16,00	4,51	142,4	1,094	7,022	919,0
25,00	5,64	222,5	0,700	4,494	1420
35,00	6,68	311,5	0,500	3,210	2000
50,00	7,97	445,0	0,350	2,247	2856
70,00	9,44	623,0	0,250	1,605	4000
95,00	11,0	845,5	0,184	1,183	5430

ГЛАВА ВТОРАЯ

МАТЕРИАЛЫ ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

§ 6. Материалы высокого сопротивления применяются для реостатов и нагревательных приборов.

Отличительными свойствами их являются: высокое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент (кроме чистых металлов) и способность выдерживать высокую рабочую (длительную) температуру.

Из чистых металлов применяются в качестве материалов высокого сопротивления — железо, никель и в редких случаях платина. Остальные материалы высокого сопротивления являются сплавами различных металлов.

Основные материалы высокого сопротивления

Название материала	Состав его в процентах на весу	Удельное сопротивление, в омхнаметр и квадратмиллиметр	Температурный коэффициент	Максим. рабочая температура в градусах С	Примечание
Нейзильбер	Медь 60,16; никель 14,03; цинк 25,37	0,300	0,000360	ниже 200	Материал для реостатов
Никелин	Цинк 20; медь 62; никель 18	0,420	0,000300	" 200	То же
Реоган	Никель 25,3; цинк 16,9; железо 4,5; медь 53,4 . .	0,470	0,000410	" 200	То же
Железо	Железо	0,130	0,002400	—	То же
Нивель	Никель	0,102	0,00500	—	То же
Кремнистый чугун	Кремнистый чугун	0,520	0,00100	400	То же
Константан	Медь 60; никель 40	0,480	0,000030	500	То же
Идеал	Медь 55, никель 45	0,492	0,0000050	500	То же
Сихром	Кремний, хром, железо	1,130	0,000025	800	Материалы для
Нихром	Никель, хром, железо	1,100	0,000170	1 000	нагрева-
Платина	Платина	0,0930	0,003070	1 400	тельных
Платиново-иридиевый сплав	Платина, иридий . .	0,310	0,000820	1 500	приборов

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ИЗОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ (ДИЭЛЕКТРИКИ)

§ 7. Характеристики изолирующих материалов. Основными величинами, характеризующими свойства изолирующего материала, являются удельное, объемное сопротивление (ρ) в омах на кубический сантиметр, диэлектрическая постоянная (ϵ) и электрическая прочность (K) в киловольтах/см или в киловольтах/мм.

Под удельным объемным сопротивлением понимают сопротивление 1 см³ данного вещества. Диэлектрическая постоянная (ϵ) есть отвлеченное число, с повышением которого возрастают изолирующие свойства данного диэлектрика.

Электрическая прочность — напряжение пробоя, деленное на толщину пластины диэлектрика.

По способности длительно работать в определенных температурных условиях изолирующие материалы делятся на 4 класса.

Классификация изолирующих материалов, применяемых в динамостроении

Класс	Описание материалов	Предельная безопасная температур.
О	Хлопок, шелк, бумага и подобные органические материалы, если они не пропитаны и не погружены в масло	90°C
А	Хлопок, шелк, бумага и подобные органические материалы, если они пропитаны или погружены в масло, а также эмалированная проволока	105°C
В	Слюда, асбест и подобные неорганические материалы в соединении с цементирующими веществами. Если совместно с изоляцией класса В применяются в небольших количествах и исключительно по соображениям конструктивным материалы класса А, то такой комбинированный материал может быть трактуем как материал класса В при условии, что электрические и механические свойства изолированной обмотки не ухудшаются при температурах, допускаемых для класса В. Слово „ухудшаться“ применено здесь в смысле создания каких-либо изменений, которые могут повлечь	

Класс	Описание материалов	Предельная безопасн. температур.
C	изолирующие свойства материала при продолжительной службе Слюда без цементующих веществ, фарфор, кварц и другие подобные материалы . . .	125°C Пока не фиксируется.

Характеристики изолирующих материалов при 15—25°C

Материал	Объемное сопротивление в омах на 1 см ³	Электрическая прочность		Диэлектрическая постоянная (ε)
		Толщина материала при испытании в миллиметрах	Пробивное напряжение в кивовольтах на миллиметр.	
Асфальт естественный	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	3,6	14	2,7
Бакелит	10 ¹¹ —10 ¹⁴	1	13—23	5,2—8
Дуб парафинированный	10 ¹⁸	10	4—7	4,5—5
Лакированная материя	10 ¹² —10 ¹³	0,1	50—80	3,5—5,5
Масло трансформ.	10 ¹² —10 ¹³	1	5—15	2,15—2,5
Миканит	10 ¹⁵	3	15—20	4,5—6,0
Мрамор	10 ⁹ —10 ¹¹	10	3,5—5,5	8,3
Парафин	10 ¹⁵ —10 ¹⁶	2	15—30	2,1—2,2
Пресспан	10 ¹¹ —10 ¹²	1	9—14	2,5—4
Сера	10 ¹⁷	—	—	2,4—4
Слюда мусковит	10 ¹⁵ —10 ¹⁷	0,05	120—200	6—7,5
Слюда флогопит	10 ¹² —10 ¹⁴	0,05	80—150	4—6
Стекло	10 ¹¹ —10 ¹⁵	—	10—40	5,5—10
Фибра	10 ⁸ —10 ¹⁰	3	5—11	2,5—8,2
Фарфор	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	20	6—15	4,5—6,5
Шеллак	10 ¹⁵ —10 ¹⁶	—	—	2,7—3,7
Шифер	10 ⁷ —10 ¹⁰	10	1,5—3,0	6—7,5
Целлулоид	2 · 10 ¹⁰	0,2	10—25	4—16
Эбонит	10 ¹⁷	5	8—10	2—3,5

ОТДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

§ 1. Масляные выключатели 6 600 V — аппараты, служащие для присоединения и отсоединения установок электрического тока под нагрузкой при высоком напряжении или значительной силе тока.

Основным отличием выключателя является то, что замыкающие цепь контакты помещаются в кожухе, заполненном маслом.

При размыкании между контактами появляется дуга, которая быстро (в пределах половины периода переменного тока) гасится маслом.

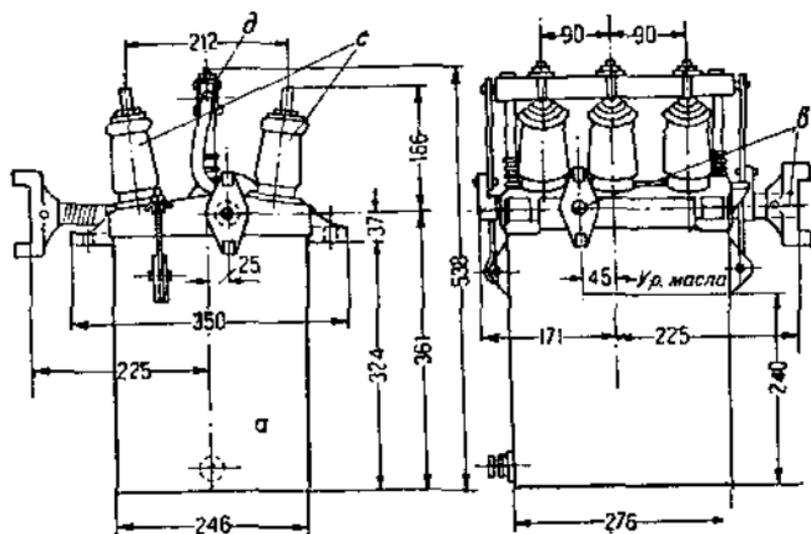


Рис. 53. Общий вид масляного выключателя типа ВМ-5.

Основными характеристиками масляного выключателя являются: номинальное напряжение и сила тока, предельная выключаемая (разрываемая) мощность и предельный выключаемый ток. Как номинальное напряжение, так и сила тока указываются на щитке выключателя, причем напряжения выбираются соответственно существующим стандартам. Предельная разрываемая мощность дается заводом для каждого типа масляных выключателей.

В СССР на заводе «Электроаппарат» изготавливаются масляные выключатели типов ВМ5 и ВМ14 — наиболее применимые в установках небольшой мощности (рис. 53).

Основными их частями являются железный сварной бак (а) с изолированными изнутри стенками и изолирующими перегородками между фазами. Для управления служат два вала (b) продольный и поперечный, позволяющие присоединять привод в той или другой стороне масляного выключателя. Валы соединены с траверсой (d), расположенной наверху выключателя, которая изолированными тягами передвигает контакты.

Масляные выключатели ВМ5 и ВМ14

Тип	У	550	3300	6600	Разрыв мощность в кВа	Вес в кг		Ориентир. цена (в рублях)
	А	Номинальная раз- рывная сила тока				Выключа- тель без масла	Масло	
ВМ-5	200	10 000	3 000	1 300	15 000	45	15	210
	600	15 000	3 000	—	при 6 600 В	45	15	255
	200	25 000	20 000	9 000	100 000	120	60	540
ВМ-14	600	30 000	20 000	9 000	при 6 600 В	130	60	600
	1 000	40 000	20 000	—	—	160	60	735
	1 250	50 000	20 000	—	—	180	60	840

Присоединение проводов производится к проходным изолято-
рам (с), которые расположены на крышке кожуха по обеим
ее сторонам.

§ 2. Разъединители (рис. 54) — аппараты, присоединяющие или
отключающие электрическую установку при полном отсутствии
в ней тока. Разъединитель состоит из укрепленных фарфоро-
вых опорных изоляторов, пластинчатого ножа и пружинных кон-
тактов, в которые входит нож, замыкающая цепь.

Данные для разъединителей, изготавливаемых заводами ВЭО,
представлены ниже.

Разъединители 3,3 кВ и 6,6 кВ

Однополюсные

Сила тока в А	Напряже- ние в У	Размеры в мм				Ориентиро- вочная цена (в рублях)
		a	b	c	d	
200	3 300	400	120	118	256	15
	6 600	400	120	163	256	18
400	3 300	400	120	120	250	20
	6 600	400	120	165	250	21
600	3 300	400	120	120	245	24
	6 600	400	120	165	245	26

Трехполюсные

Сила тока в А	Напряже- ние в У	Размеры в мм				Ориентиро- вочная цена (в рублях)
		a	b	c	d	
250	3 300	490	233	495	604	96
	6 000	490	278	535	644	105
400	3 300	490	235	495	604	105
	6 600	490	280	535	644	120
600	3 300	490	235	495	604	150
	6 600	490	280	535	644	170

§ 3. Рубильники (рис. 55) — выключающее устройство, позволяющее включать и выключать под током установки напряжением до 550 В. Принцип их устройства заключается в том, что нож рубильника в виде латуниной пластины плотно входит в пружинящие контакты, замыкая цепь. Для постоянного тока применяются рубильники с моментным выключением, т. е. имеющие дополнительный нож, связанный с основным спиральной пружиной. При переменном токе эти рубильники могут применяться лишь при мощностях не свыше 5 кВА.

Переключатель есть рубильник, могущий производить включения по двум направлениям, имея вторую группу зажимов. В связи со стремлением вольтовой дуги вверх, нижние контакты могут разрывать мощность лишь 30—50% от мощности, которую могут разрывать верхние контакты.

Для определения ориентировочных цен и весов двух- и трех-полюсных рубильников нужно соответствующие данные таблицы помножить на 1,8 и 2,8.

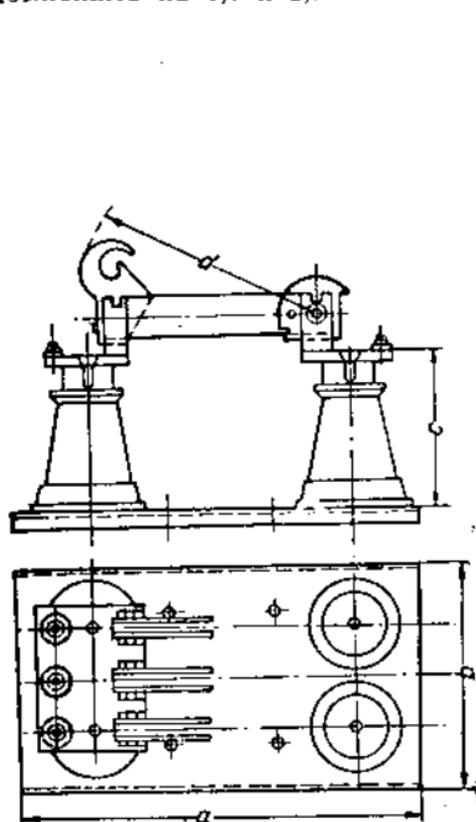


Рис. 54. Раз'единитель до 22 кВ.

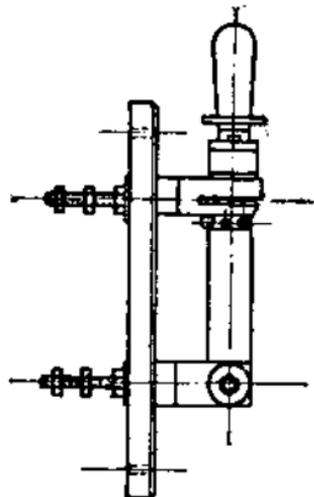
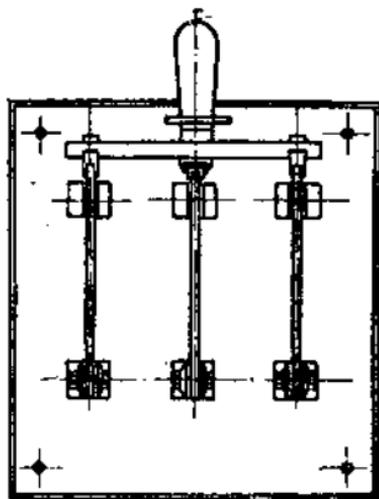


Рис. 55. Рубильник типа S.

§ 4. Реле. Для защиты электрических установок большой мощности и высокого напряжения и ответственных электроустановок

Рубалница тила S

Номинална сила тока А	Однополюсны			Габаритни размери мм		
	Вес (в килограмма)	Ориентираща цена (в рубла)		Одно-полюсны	Двух-полюсны	Трех-полюсны
		Без моментного включени	С моментным включением			
60	1,5	13	15	190×85	190×135	190×185
100	2,0	16	18	230×130	230×150	230×210
200	3,5	20	22	270×140	270×170	270×240
350	5,0	25	30	350×165	350×210	350×300
600	8,5	43	48	400×185	400×240	400×340
800	14,0	60	68	450×205	450×270	450×380
1 000	18,0	76	85	500×230	500×300	500×420
1 500	28,0	92	125	600×280	600×360	600×500
2 000	31,5	128	—	600×280	600×380	600×520
3 000	50,0	195	—	600×300	600×420	600×580
4 000	67,5	270	—	600×330	600×470	600×650

от нарушений нормального режима работы и различного рода аварий применяются аппараты, автоматически выключающие установки либо подающие сигнал о неисправности ее. Эти приборы носят название реле.

а) Реле максимальное мгновенное типа РММ (рис. 56) — электромагнитный прибор, катушка которого (3,4) через трансформатор тока соединяется с электрической установкой. При превышении силы тока в сети, а значит и в катушке реле, протне некоторой, заранее установленной величины, якорь втягивается а катушку, замыкая контакты (1,2), которые связаны с выключающим приспособлением масляного выключателя. Будучи оставленной без тока, выключающая катушка масляника отпускает защелку, и масляный выключатель производит выключение установки. Регулировка тока начала работы производится перемещением грузика по шкале в пределах от 1,5 до 5 А. Собственное время выключения реле не превышает 0,15 сек. Максимальное реле — основной, а в небольших уста-

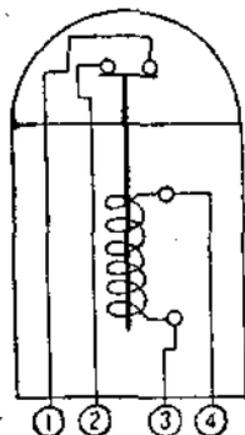


Рис. 56. Электрическая схема реле.

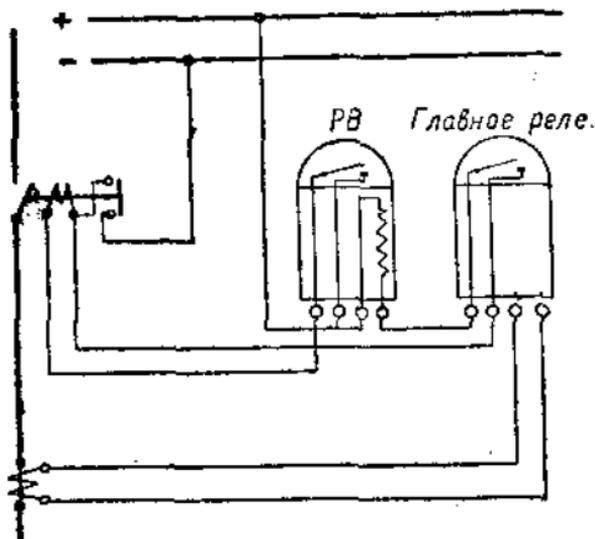


Рис. 57. Схема включения реле времени вместе с основным реле.

новках часто единственный прибор, защищающий от силы тока, превышающей безопасно допустимый предел для данной установки.

б) Реле минимального напряжения мгновенное — РМН по принципу своего действия весьма сходно с максимальным реле. Так же, как и в первом, имеется электромагнит (3,4), но включенный в сеть через трансформатор напряжения параллельно, а не последовательно. В отличие от максимального

реле здесь при нормальном напряжении якорь втянут в катушку и лишь при понижении тока до некоторой величины (обычно 30—70%) отпадает, выключая контакты (1—2), т. е. воздействуя на масляный выключатель. Реле исполняется для номинального напряжения 110 в. Регулировка—передвижением груза на шкале.

Реле имеет большое значение для защиты от резкого повышения напряжения, которое может наступить после его ладения или даже полного отключения установки, в частности для электродвигателей, требующих приведения в пусковое положение приборов управления.

в) Реле времени РВ (рис. 57). Для возможности отключения через определенный, заранее установленный промежуток времени применяется включенное вместе с основным реле времени. Это реле представляет собой электромагнит соленоидного типа, который при включении тока втягивает якорь, приводящий в движение часовой механизм с ветряным колесиком. Регулировка выдержки времени в пределах 0,5—3 и 2—10 секунд в зависимости от исполнения.

Некоторые технические данные описанных реле приведены ниже.

Основные технические данные реле, изготовляемых ВЭО

Тип реле	Собственное время выключения в секундах	Максимальный ток замыкания контактов в А		Ориентировочная цена (в рублях)	Мощность, потребляемая обмотками УА
		Длительный	В течение секунды		
РММ	0,25	5	25	100	5
РМН	0,15	5	25	95	20
РВ	—	5	25	90	35

§ 5. Предохранители. Предохранитель — аппарат, защищающий установку от повышений силы тока сверх допустимого предела. Основной частью предохранителя является проволока, подобранная таким образом, что при силе тока, превышающей определенный предел, она перегорает и тем самым размыкает цепь.

Плавкие предохранители в установках трехфазного тока применяются, за редким исключением, лишь при напряжениях до 500 В.

В установках постоянного тока они применяются достаточно широко, хотя при более или менее значительных мощностях рекомендуется применять автоматические выключатели.

В установках до 500 В применяются предохранители:

1. Пробочные при номинальной силе тока, от 6 до 60 А.
 2. Пластинчатые. В простейшем виде представляют собой шиферную доску (рис. 58), на которую укрепляются металлические ушки с зажимными болтами. Между болтами вставляется плавкая вставка, т. е. набор проволок, перегорающих при определенной силе тока, обычно на вставке указывается.

В более совершенных конструкциях перегорающая вставка заключена в фарфоровую трубку, со специальным наполнением (наждак, бура). Вместо ушек с болтами предохранитель имеет пружинящие зажимы, в которые эта трубка и вставляется.

При высоком напряжении переменного тока плавкие предохранители применяются лишь для защиты установок небольшой мощности. Конструктивно они выполняются с плавкой вставкой, заключенной в фарфоровую трубку.

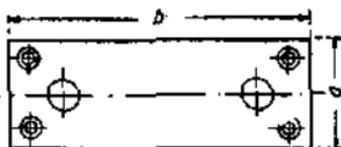
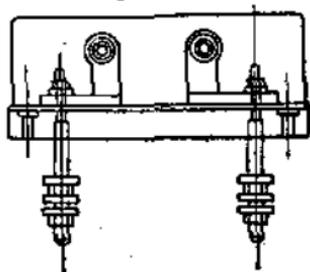


Рис. 58. Предохранитель типа S для напряжения до 500 В.

Размеры и цены предохранителей типа S до 550 У на шиферных платах (рис. 58)

Номинальная сила тока А	Двухполюсные д/постоянного тока			3-полюсные д/трехфазного тока			Цена за 1 плавкую вставку (в рублях) ориентировочно	
	Размеры в мм		Цена (в рублях) ориентировочно	Размеры в мм		Цена (в рублях) ориентировочно	Для постоянного тока	Для переменного тока
	a	b		a	b			
100	160	325	12,00	230	250	15,60	1,40	0,80
200	160	375	20,40	330	310	27,60	2,10	1,10
400	190	485	37,20	275	375	49,30	6,00	2,60
700	200	530	72,00	290	430	99,00	8,00	3,30

¹ Цена без плавкой вставки.

Предохранители высокого напряжения

Применение	кУ	А	Цена (в рублях) ориентиров.	Вес (в килограммах)
Силовые	6	60	19	7
К трансформаторам . .	3	—	15	1,6
Напряжения	6	—	17	1,6

*Диаметры проволок для плавких предохранителей
(в миллиметрах)*

Плавится при силе тока в А					Примечание
	Олово	Свинец	Медь (красн.)	Железо	
1	0,19	0,21	0,05	0,12	Приведенные в таблице данные являются только приблизительными, так как сила тока, плавящая проволоку, зависит от ряда причин
2	0,29	0,33	0,09	0,19	
3	0,36	0,43	0,11	0,25	
5	0,56	0,60	0,16	0,42	
10	0,85	0,95	0,25	0,55	
15	1,11	1,25	0,33	0,72	
25	1,59	1,75	0,46	1,01	
50	2,48	2,78	0,73	1,61	
80	3,39	3,81	1,00	2,20	
100	3,93	4,42	1,16	2,55	
160	5,38	6,04	1,59	3,49	
200	6,24	7,01	1,84	4,05	
250	7,24	8,14	2,14	4,70	

§ 6. Изоляторы. Изоляторы разделяются на линейные и стационарные. Первые изолируют электрически и укрепляют механически провода линий передач. Вторые электрически изолируют и механически крепят шины, провода и т. п. в распределительных устройствах станций, подстанций и различных механизмов.

Линейные изоляторы применяются двух типов штыревые и подвесные. Штыревой изолятор представляет собой фарфоровое тело, укрепленное на железном крюке или штыре, который заделывается в опору, стену здания и т. п. Крепление изолятора на штыре производится путем намотки на штырь пакли, пропитанной суриком и наворачивания на нее тела изолятора. Кроме того применяют заливку штыря в теле изолятора серой или цементом. Последний способ не рекомендуется, так как ведет к растрескиванию изоляторов при колебаниях температуры. Данные для штыревых изоляторов ВЭО приведены в таблице.

Размеры и веса линейных изоляторов ВЭО до 6 600 V

Тип изолятора	Диаметр (в миллиметрах)	Высота (в миллиметрах)	Отверстие для штыря		Рабочее напряжение (в вольтгах)	Вес одной штуки (в килограммах)	Сечение провода (в мм ²)
			Диаметр (в миллиметрах)	Высота (в миллиметрах)			
Ш — Тл — 4 . . .	37	52	10	18	550	0,056	4
Ш — Тл — 16 . . .	57	82	16	30	550	0,20	16
Ш — Тф — 4 . . .	58	70	17	29	550	0,25	4
Ш — Тф — 16 . . .	72	90	18	32	550	0,40	16
Ш — Тф — 50 . . .	85	112	20	37	550	0,67	50
Ш — Тф — 95 . . .	93	135	20	42	550	1,06	95
Ш — И-6 (Дельта)	90	95	25	40	6 600	0,50	—
Тип А. А. Горева	130	80	31	50	6 600	0,85	—

Подвесные изоляторы в виде отдельных элементов, соединяемых в гирлянды, применяются при напряжениях свыше 20—30 киловольт.

Станционные изоляторы делятся на два типа — проходные и опорные. Проходные изоляторы представляют собой фарфоровое тело, заделываемое в перегородку или стену, через которую необходимо протянуть провода. Через отверстие изолятора проходит металлический стержень, к концам которого гайками крепятся провода.

Опорные изоляторы обычно гладкие, цилиндрической формы служат для поддержки и изоляции шин и проводов в распределительных устройствах. Размеры и веса станционных изоляторов ВЭО до 6 600 V представлены в таблице.

Размеры и вес стяжционных изоляторов ВЭО до 600 У

Тип	Диаметр (в миллиметрах)	Высота (в миллиметрах)	Напряжение в кВ		Вес (в килограммах)
			Рабочее	Сухое газряд.	
Проходные					
D — 2	86	328	6,6	45	5,7
D — 22	111	330	6,6	45	14,9
Опорные					
S — 2	110	174	6,6	45	2,8
S — 22	140	174	6,6	45	4,4

§ 7. Разрядники. Разрядник — аппарат, соединяющий с землей установку тогда, когда напряжение в ней превышает установленную величину, и отключающий установку от земли при снижении напряжения до нормальной величины. Разрядник включается между проводом и землей. Простейший разрядник — роговой — состоит из двух рогов с искровым промежутком между ними. Рога укрепляются на опорных изоляторах; последовательно с ними включается сопротивление из реостатной проволоки, погруженной в масло. При повышении напряжения в установке оно перекрывает искровой промежуток, и установка через образовавшуюся дугу соединяется с землей. Мощность дуги ограничивается последовательно включенным сопротивлением. Поток горячего воздуха гонит дугу вверх по рогам, где она разрывается и тухнет вследствие значительного увеличения длины.

Приблизительные размеры роговых разрядников ВЭО и сопротивлений к ним (размеры в миллиметрах)

Напряжение (в вольтах)	Разрядники							
	A	B	C	D	E	F	G	H
6 600	375	395	187	320	180	120	11	40
11 000	375	421	213	320	180	145	13	52
22 000	520	595	277	380	220	145	13	52
Сопротивления								
6 600	906	1 082	718	738				
11 000	1 000	1 206	820	750				

Приблизительные размеры роговых разрядников и сопротивлений к ним, производимых ВЭО, представлены в таблице (на стр. 82) и на рисунке 59.

§ 8. Шины и арматура к ним. В установках низкого напряжения обычно применяются шины прямоугольного сечения. Основным материалом шин — электролитическая медь, а также алюминий, редко — железо. Плотность тока принимается такой, чтобы температура шин не превосходила окружающую более чем на 30° С.

Ниже даны сечения и допустимые силы тока для шин, производимых ВЭО.

Допустимые нагрузки медных шин прямоугольного сечения

$a \times b$ мм	Сечение м ²	Вес кгм	По. тоянный ток А	Переменный ток А
15 × 3	45	0,41	150	150
20 × 3	60	0,54	225	225
20 × 8	160	1,44	380	380
25 × 3	75	0,68	275	275
30 × 8	240	2,46	530	530
40 × 4	160	1,44	450	450
40 × 8	320	2,88	680	565
50 × 5	250	2,25	630	620
50 × 6	300	2,70	675	660
50 × 8	400	3,60	760	730
60 × 6	360	3,24	800	770
60 × 8	480	4,32	930	880
60 × 10	600	5,40	1 050	980
80 × 10	800	7,20	1 350	1 220
100 × 10	1 000	9,00	1 600	1 450

Свыше 22 000 В применяют шины круглого сечения или трубчатые.

Соединение отдельных шин для получения длинных полос производится внахлестку сквозными болтами. Плотность тока не должна превышать в месте соединения 30 А/см² (в крайнем случае 50 А/см²).

Проходные токоведущие болты главной цепи тока (рубильники, трансформаторы тока, амперметры, предохранители и т. п.) должны иметь размеры, допускающие прочность соединения при плотности тока не свыше 1,6—1,4 А/мм².

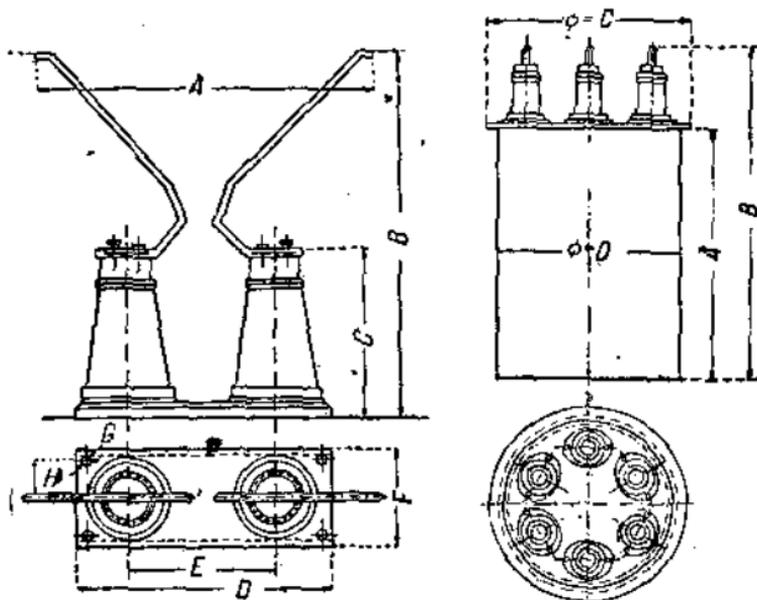


Рис. 59. Роговой разрядник и сопротивление к нему.

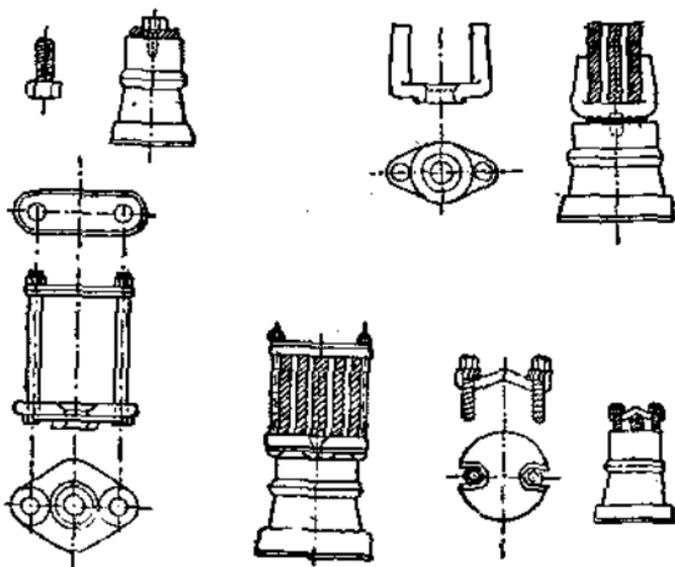


Рис. 60. Арматура для крепления шнв на опорных изоляторах.

Арматура для крепления шин на опорных изоляторах представлена на рисунке 60.

§ 9. Распределительные щиты. Распределительные щиты состоят из жесткого каркаса и облицовки, на которой крепятся приборы и другие части электрического оборудования. Основные стойки каркаса делаются обычно из труб диаметром 40—70 мм или из углового железа — 50—70 мм. Раскосы и горизонтальные пояса изготавливаются из углового железа. Нижние концы стоек снабжаются чугунными башмаками (трубы) и крепятся вмазанными штырями к полу и стенам зданий. Следует обеспечить жесткость, достаточную для всех операций, связанных с выключением рубильников на щите и т. п. Поэтому соединять части каркаса лучше сваркой, чем свинчиванием.

Доски (панели) могут изготавливаться из изоляционного материала — мрамор, шифер или прессованный материал — и прямо из железных листов толщиной в 5 мм. Мраморные доски применяются толщиной в 30—60 мм, причем наружная поверхность должна быть отполирована. В установках временного назначения возможно применение деревянных панелей с их окраской или пропитыванием маслом.

ОТДЕЛ ПЯТЫЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. Некоторые определения.

Электрический генератор — машина, преобразующая механическую энергию в электрическую.

Электрический двигатель (электромотор) — машина, преобразующая электрическую энергию в механическую.

Статор — неподвижная часть машины.

Ротор — вращающаяся часть машины.

Номинальные данные электрических машин обозначаются на щитке машины.

а) Мощность определяется у генераторов на зажимах, у двигателя на валу — в киловаттах (мощность генератора переменного тока — в киловольтамперах).

б) Напряжение — в вольтах или киловольтах (при трехфазном токе указывается эффективное значение линейного напряжения).

в) Сила тока — в амперах.

Стандартные значения напряжений

Напряжение в сети		Напряжение на зажимах		
Постоянный ток	Трехфазный ток	Генератора постоянного тока	Генератора трехфазного тока	Трансформатора (вторичн. обм.)
12 V	—	—	—	—
24 V	—	—	—	—
110 V	120 V	115 V	—	133 V
220 V	220 V	230 V	230 V	230 V
440 V	380 V	460 V	400 V	400 V
—	500 V	—	525 V	525 V
—	3 кV	—	3,15 кV	3,15 кV
—	6 кV	—	6,3 кV	6,3 кV
—	10 кV	—	10,5 кV	10,5 кV
—	15 кV	—	15	—
—	35 кV	—	—	36,75 кV

г) Число оборотов в минуту (при номинальных мощности и напряжении).

д) Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)¹ при номинальных значениях прочих величин.

е) Частота¹ — в периодах в секунду.

§ 2. Перегрузка и нагревание машины. Все электрические машины выдерживают перегрузку, которая в известных пределах ограничивается только нагреванием машины.

Допускаемые температуры нагрева обмоток и частей машин

Класс изоляции	Род изоляции или часть машины	Наибольшая температура в °С	Наибольшее превышение над температурой окружающей среды Δ °С
О	Непропитанные и погруженные в масло волокнистые материалы (хлопч.-бум. ткань, натур. шелк, бумага)	80°	45°
А	Пропитанные или погруженные в масло волокнистые материалы, а также эмаль	95°	60°
В	Препараты из слюды, асбеста и других материалов минерального происхождения со связующим веществом	115°	80°
С	Слюда без связующих материалов, фарфор, стекло, кварц	Нагревоограничено только тем, чтобы не перегревать соседних частей выше допустимых для них пределов	
—	Коллектор и контактные кольца	95°	60°
—	Подшипники	80°	45°
—	Все другие части	То же, что в классе С	

¹ Только для машин переменного тока.

Измерение температуры производится: а) при помощи термометра, причем часть термометра, прикладываемая к машине, должна быть прикрыта плохим проводником тепла (асбест, вата и др.); этот метод может дать лишь температуру поверхности частей машины; б) при помощи измерения сопротивления проводников обмотки; в) при помощи термопар.

Сопротивление проводников меняется при изменении температуры.

Если R_x — сопротивление холодной обмотки, R_c — сопротивление горячей обмотки, T_x — температура холодной обмотки, T_c — температура охлаждающей среды, то нагрев медной обмотки в машинах для продолжительной (или повторной кратковременной) работы определяется по формуле:

$$\Delta T = \frac{R_c - R_x}{R_T} \cdot (235 + T_x) - (T_c - T_x).$$

Этот метод дает величину среднего нагрева всего провода.

Измерение температуры должно производиться после того, как машина работала настолько долго, что установился приблизительно неизменный тепловой режим.

§ 3. Коэффициентом полезного действия машины называют отношение:

$$\eta = \frac{\text{отдаваемая мощность}}{\text{подводимая мощность}}$$

Значения к. п. д. зависят от режима работы машины (главным образом от степени загрузки). Данные о значениях к. п. д. различных машин приводятся ниже.

Момент на валу в килограмметрах определяется соотношением:

$$M = 975 \frac{P}{n} \text{ кгм,}$$

где P — мощность на валу в квт, n — число оборотов вала в минуту.

§ 4. Щетки электрических машин служат для отвода тока с коллектора или с колец. В зависимости от условий работы применяются следующие стандартные типы:

Стандартные типы щеток

Тип	Марка	Плотность тока амп.		Область применения
		на кольцо	на коллектор	
Угольные (твердые)	У	—	5—7	На машинах постоянного тока до 500 В при небольших токах; в машинах без добавочных полюсов и тяговых моторах
Полуграфитовые (полутвердые)	ПГ	—	7—9	На машинах постоянного тока любого напряжения, тяговых моторах и конверторах
Графитовые (мягкие)	Г	15—20	9—16	На быстроходных машинах, машинах с добавочными полюсами, на стальных контактных кольцах
Меднографитовые (мягкие)	МГ	35	35	На контактных кольцах, на низковольтных машинах постоянного тока
Меднографитовые (полутвердые)	МУ	18—25	13—20	На машинах постоянного тока с хорошими условиями коммутации и на машинах переменного тока
Медные (твердые)	М	—	—	На контактных кольцах, на машинах постоянного тока не выше 12 У

ГЛАВА ВТОРАЯ

МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Машина постоянного тока состоит из станины (ярма), к которому привинчены электромагниты с надетыми на них катушками (индуктор), и якоря, в пазах которого вложена обмотка; концы обмотки присоединяются к коллектору.

В обмотке якоря машины протекает переменный ток, который выпрямляется в постоянный на коллекторе.

§ 5. Схемы соединений обмоток (рис. 61). В зависимости от способа питания током обмотки магнитов (способа возбуждения) различают следующие типы машин постоянного тока:

1. Машины с независимым возбуждением — обмотки магнитов питаются от постороннего источника постоянного тока (аккумуляторной батареи, другой машины).

2. Шунтовая машина или машина с параллельным возбуждением (рис. 61а) — обмотки магнитов включены параллельно с якорем.

3. Серийная машина или машина с последовательным возбуждением (рис. 61б) — обмотки магнитов включены последовательно с якорем.

4. Компаунд-машина или машина со смешанным возбуждением (рис. 61в) — магниты имеют две обмотки, из которых одна включена параллельно, а другая — последовательно.

Типы 2—4-й носят общее название машин с самовозбуждением.

§ 6. Соотношения основных величин. Каждая машина постоянного тока может работать как двигателем, так и генератором. В первом случае механическая мощность, отдаваемая на валу (в киловаттах), определяется соотношением:

$$P = U \cdot I \cdot \eta \cdot 10^{-3} \text{ кВт},$$

где η — коэффициент полезного действия машины.

Во втором случае механическая мощность, получаемая от первичного двигателя, будет равна:

$$P = \frac{U \cdot I}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}.$$

Электродвижущая сила генератора (или противозлектродвижущая сила мотора) определяется выражением:

$$E = C \cdot \Phi \cdot n,$$

где Φ — магнитный поток, n — число оборотов в минуту, C — постоянная величина, зависящая от устройства обмотки якоря и числа полюсов машины.

§ 7. Коммутация и отвод тока. Выпрямление тока на коллекторе машины связано с переменной направления тока в отдельных частях обмотки; этот процесс, называемый коммутацией, должен происходить без искрения на коллекторе.

У машин без дополнительных полюсов это достигается хорошим качеством щеток и их правильным расположением: в генераторе щетки должны быть несколько сдвинуты с нейтральной линии по направлению вращения, у моторов — против направления вращения.

Дополнительные полюса применяются в целях улучшения коммутации, включаются последовательно с цепью якоря, причем у генератора, считая по направлению вращения, за дополнительным полюсом должен следовать одноименный глав-

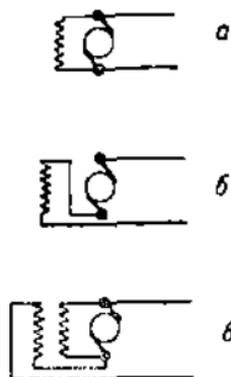


Рис. 61. Схемы соединений обмоток машин постоянного тока

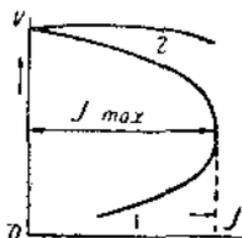


Рис. 62. Внешние характеристики генераторов.

ный полюс; у моторов — наоборот: считая по направлению вращения, за главным полюсом должен следовать одноименный дополнительный; щетки машин с дополнительными полюсами располагаются строго по нейтрали.

§ 8. Направление вращения. При изменении направления вращения генератора следует переключить обмотку магнитов (в компаунд-генераторе — обе обмотки магнитов), причем направление тока во внешней цепи изменится. Поэтому, если необходимо сохранить направление тока во внешней цепи, следует одновременно с обмоткой магнитов переключить провода, соединяющие генератор с шинами. Для перемены направления вращения мотора необходимо переключить либо обмотку якоря, либо обмотку магнитов (в компаунд-моторе — обе обмотки магнитов); при одном и том же направлении вращения шунтовая машина может работать и как мотор, и как генератор без каких-либо пересоединений, причем в машине без дополнительных полюсов следует лишь переставить щетки.

§ 9. Характеристики генераторов. Напряжение на зажимах генератора постоянного тока должно при различных нагрузках (кроме некоторых специальных случаев) оставаться возможно более постоянным. Этому условию удовлетворяют только машины шунтовая и компаунд, почему они и применяются в качестве генераторов центральных станций.

Зависимость напряжения на зажимах от тока нагрузки, называемая внешней характеристикой, для шунтовой машины изображена на рисунке 62 (кривая 1).

Падение напряжения при полной нагрузке составляет обычно 10—20% напряжения при холостом ходе. Для поддержания постоянства напряжения в цепь возбуждения вводится шунтовой реостат, регулирующий силу тока в цепи шунта. При увеличении нагрузки выше нормальной напряжение быстро падает, а ток увеличивается, но лишь до некоторого предела, после чего тоже начинает уменьшаться и при коротком замыкании падает до нуля.

Поэтому шунтовой генератор «не боится короткого замыкания» на клеммах.

В компаунд-генераторах сила тока в последовательно включенной обмотке возбуждения увеличивается с нагрузкой, и тем самым увеличивается магнитный поток полюсов, а вместе с магнитным потоком возрастает напряжение на зажимах. Таким образом, подбирая соответствующие числа витков, удается получить в известных пределах колебаний нагрузки почти постоянное напряжение и даже увеличение напряжения с нагрузкой (рис. 62, кривая 2).

Параллельная работа шунтовых генераторов и распределение нагрузки. Для включения шунтового генератора на параллельную работу с другими шунтовыми генераторами необходимо (см. схему включения — рис. 71 главы первой, 7-го отдела):

1. Запустив первичный двигатель, довести генератор до нормального числа оборотов.

2. Включить однополюсный рубильник и, действуя шунтовым регулятором, поднять напряжение генератора до напряжения шнн.

3. Когда напряжения сравняются, включить минимальный автомат, придерживая его рукой.

4. Действуя на шунтовой регулятор в том же направлении (в сторону увеличения возбуждения), нагрузить генератор до желаемой величины, после чего можно уже не придерживать автомата.

Если генератор включается на параллельную работу впервые, то после операций 1—2 следует проверить совпадение полярности подключаемых зажимов при помощи вольтметра или лампы, рассчитанных на двойное напряжение генератора, подключив их к зажимам разомкнутого минимального автомата. При

правильной полярности лампа не будет гореть, а вольтметр останется на нуле.

§ 10. Характеристики моторов. На рисунках 63 и 64 изображены зависимости между числом оборотов и нагрузкой моторов постоянного тока.

Шунтовой двигатель обладает так называемой «жесткой характеристикой», т. е. число оборотов его с увеличением нагрузки уменьшается весьма незначительно (рис. 63). При этом

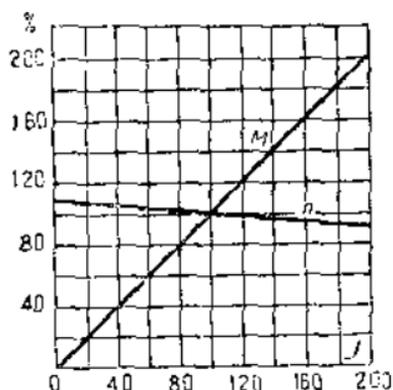


Рис. 63. Кривая зависимости между числом оборотов и нагрузкой шунтового двигателя.

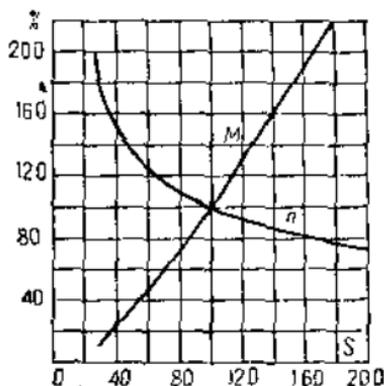


Рис. 64. Кривая зависимости между числом оборотов и нагрузкой серийного двигателя.

пусковой момент пропорционален силе тока и возрастает вместе с ней. Серийс-двигатель (рис. 64) имеет мягкую характеристику, т. е. число оборотов его сильно падает при увеличении нагрузки, а с уменьшением ее — увеличивается. При очень малых нагрузках обороты могут достигнуть опасной величины, т. е. машина пойдет «в разнос».

Поэтому серийс-моторы нельзя включать холостую или на малую нагрузку. Серийс-двигатели отличаются высоким пусковым моментом, который при одинаковой силе тока значительно выше момента шунтового двигателя.

Компакт-двигатели во всех отношениях являются промежуточным типом и приближаются либо к шунтовому, либо к серийс-мотору в зависимости от преобладания последовательной или параллельной обмотки.

В отличие от серийс-двигателей они не боятся холостого хода.

§ 11. Пуск в ход и регулирование числа оборотов. Все двигатели постоянного тока за исключением самых малых мощностей пускаются в ход при помощи пускового реостата (рис. 64а).

При пуске реостат выводится постепенно (в течение 10—20 секунд) после включения рубильника, а при остановке двигателя

Нормальные машины постоянного тока серии НН мощностью 0,18 — 10, кВт

Тип	Вес в кг	Цена руб.	Ш к в а		При работе в качестве мотора			При работе в кач. генератора			
			Диаметр в мм	Шрифт	Мощность квт	Число оборотов в минуту при напряжении		Мощность квт	Число оборотов в ми- нуту при напряжении		
						110 В	220 В		440 В	115 В	230 В
НН— 4	22	112	80	40	0,18	1 050	1 250	—	1 900	2 000	—
НН— 5	22	124	80	40	0,37	1 750	1 850	1 850	2 450	2 600	2 750
НН— 10	33	145	100	40	0,74	1 750	1 750	1 800	2 500	2 500	2 700
НН— 20	49	211	140	60	1,47	1 700	1 700	1 860	2 400	2 400	2 650
НН— 30	65	260	160	80	2,21	1 650	1 650	1 680	2 350	2 300	2 350
НН— 40	79	316	170	100	3,0	1 580	1 580	1 580	2 250	2 250	2 250
НН— 60	124	414	180	120	4,42	1 400	1 400	1 480	2 000	2 000	2 120
НН— 80	234	567	200	120	5,9	1 250	1 250	1 250	1 700	1 700	1 700
НН— 80	234	567	200	120	4,05	950	—	—	1 850	—	—
НН—110	299	690	245	150	8,1	1 130	1 130	1 130	1 600	1 600	1 600
НН—110	299	690	245	150	6,28	870	—	—	1 220	—	—

Примечание. Генераторы, отмеченные знаком, строятся также для параллельной работы с аккумуляторными батареями и для зарядки последних на напряжение 115/160 В. Серия НН заменяется новой серией машин ДН.

Нормальные машины постоянного тока мощностью 0,52—12,5 кВт серии ПН

Тип	Вес в кг	При работе в качестве мотора				При работе в качестве генератора			
		Напряжение V	Мощность кВт	Потребная мощность кВт	Обороты в минуту	Напряжение V	Мощность кВт	Потребная мощность кВт	Обороты в минуту
ПН — 5	35	110,220	0,52	0,74	1 400	115,230	0,66	0,93	2 200
		110,220	0,76	1,02	2 000	115,230	0,97	1,3	2 800
ПН — 10	50	110,220	1,0	1,33	1 410	115,230	1,25	1,65	2 000
		110,220,440	1,47	1,94	2 000	115,230	1,82	2,35	2 800
ПН — 17,5	65	110,220,440	1,75	2,25	1 420	115,230	2,15	2,7	2 000
		110,220,440	2,55	3,2	2 100	115,230	3,15	4,0	2 800
ПН — 28,5	72	110,220	1,6	2,2	940	115,160, 230/320	2,1	2,8	1 400/1 700
		110,220,440	2,85	3,6	1 420	115,230	3,45	4,3	2 000
ПН — 45	84	110,220	2,5	3,3	980	115,160, 230/320	3,3	4,3	1 400/1 650
		110,220,440	4,5	5,6	1 430	115,230,460	5,4	6,6	2 000
ПН — 68	110	110,220	4,0	5,0	950	115,160, 230/320	5	6,2	1 450/1 600
		110,220,440	6,8	8,2	1 440	115,230,460	8	9,6	2 000
ПН — 85	145	110,220	6,0	7,3	980	115,160, 230/320	7,5	9,1	1 440/1 600
		110,220,440	10,6	12,3	1 440	230,460	12,5	15	2 000

Примечание. В таблице указаны заводские данные новой серии машин Харьковского электромеханического завода (ХЭМЗ), которые в течение 1933—1944 гг. должны заменить старую серию машин типа ПН — 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, и 110 У.

Машины типа ПН выпускаются защищенного типа с вентиляцией, обдуваемые, повышенной плотности, а также для вертикальной установки.

Нормальные машины постоянного тока серии НН

Тип	Вес в кг	Цена руб.	Шкив		При работе в качестве			
			Диаметр в мм	Ширина в мм	110 В		220 В	
					Мощность кВт	Обороты в мин.	Мощность кВт	Обороты в мин.
НН — 140	360	805	305	150	10	1 100	15,5	1 480
					8,4	920	11,5	1 130
НН — 180	445	948	335	150	13,5	1 070	14	1 070
					10	830	10	830
НН — 200	545	1 100	335	180	—	—	23,5	1 360
					18	1 000	18	1 020
НН — 250	700	1 415	400	200	—	—	30	1 160
					20	920	21,5	950
НН — 300	920	1 735	460	—	—	—	26,5	820
					—	—	14	485
НН — 400	1 150	2 232	400	250	—	—	20,5	465
					300	—	35	765
НН — 500	1 600	2 726	540	300	—	—	58	890
					—	—	47	690
					—	—	25	430
НН — 700	2 035	3 353	600	360	—	—	59	640
					—	—	34	390

Примечание. Генераторы, отмеченные знаком *, строятся также для напряжении 115/160 В или 230/280 В.

Цена и вес указаны для машин открытого типа. Машин защищенных (с кожью закрытой машины) составляет лишь 40% открытой машины этого же типа. Машин серии НН 140—700 в будущем должны быть заменены машинами

мощностью от 6,4 до 75 квт, 110—440 (115—470) (V)

мотора			При работе в качестве генератора						
440 V		Гредел. регу- лирования оборотов	115 V		230 V		470 V		Прябл. знач. к. п. д. в %
Мощность квт	Оборотов в мин.		Мощность квт	Оборотов в мин.	Мощность квт	Оборотов в мин.	Мощность квт	Оборотов в мин.	
—	—	1:1,25	—	—	17	1900	—	—	86
11,5	1130	1:1,5	12,5 ¹	1450	12,5 ¹	1430	12,5	1430	86,5
6,4	760	1:2	10 ¹	1230	9,5 ¹	1050	8	1050	83,5
14	1070	1:1,5	16 ¹	1400	16 ¹	1400	16	1370	87
10	830	1:2	12,5 ¹	1140	12,5 ¹	1140	12,5	1140	85,5
—	—	1:1,25	—	—	26	1780	—	—	88
18	1040	1:1,5	21,5 ¹	1320	21,5 ¹	1320	21,5	1320	87,5
11	710	1:2	13 ¹	910	13 ¹	910	—	—	85,5
—	—	1:1,25	—	—	34	1520	—	—	89
22,5	905	1:1,5	24 ¹	1250	25 ¹	1250	26	1250	89,5
12,5	590	1:2	15 ¹	80	15 ¹	780	16,5	860	86
26,5	770	1:1,5	—	—	30 ¹	1100	30	1120	90
15	505	1:2	—	—	18 ¹	680	20	760	85
20	500	1:2	—	—	25 ¹	630	27	700	88
36	750	1:1,5	—	—	40 ¹	1050	42	1000	90,5
—	—	1:1,25	—	—	66 ¹	1180	—	—	91
46	695	1:1,5	—	—	55 ¹	930	—	—	91
27	435	1:2	—	—	34 ¹	610	—	—	89
—	—	1:1,5	—	—	75 ¹	820	—	—	91,5
—	—	1:2	—	—	45 ¹	520	—	—	90

параллельной работы с аккумуляторными батареями и для зарядки последних напряжений (миллиампер) при тех же оборотах и мощности имеют вес на 3—4% больше. Мощ-
 на, при чем обороты повышаются на 10—50% и вес на 3—5%.
 серии ПН.

снова ставится в пусковое положение (с включенным сопротивлением).

Регулирование числа оборотов шунтового двигателя в сторону понижения против нормального достигается регулировочным реостатом, включенным по той же схеме. При этом однако следует иметь в виду, что пусковой реостат не может служить для регулирования, так как он рассчитан только на кратковременное включение при пуске и при длительной работе перегреется и сгорит. Повышение оборотов шунтового двигателя выше нормального значения достигается включением сопротивления в цепь шунта (шунтовым реостатом): с увеличением сопротивления и уменьшением тока возбуждения число оборотов увеличивается.

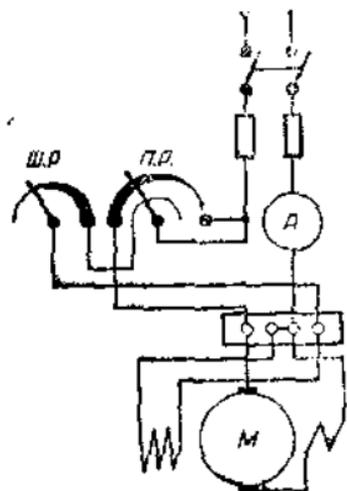


Рис. 64а. Схема включения двигателя постоянного тока

электрическая машина, преобразующая механическую энергию в электрическую энергию переменного трехфазного тока.

Синхронный генератор состоит из следующих основных частей: вращающаяся часть, или ротор, на котором укреплены полюса, питающиеся постоянным током; неподвижная часть, или статор, на котором расположена обмотка трехфазного тока, состоящая из трех отдельных обмоток, соединенных между собой в звезду или треугольник. Для питания обмотки ротора применяется генератор постоянного тока, называемый возбудителем, который обычно насаживается на вал основного генератора. Иногда применяется «центральное возбуждение» от отдельно стоящего возбудителя, приводимого специальным мотором и питающего сразу несколько альтернаторов.

Мощность генератора измеряется в киловольтамперах.

Частота переменного тока (f) связана с числом пар полюсов ротора (p) и числом оборотов в минуту (n) соотношением:

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 12. Синхронные генераторы трехфазного тока. Синхронный генератор (альтернатор) — вращающаяся

электрическая машина, преобразующая механическую энергию в электрическую энергию переменного трехфазного тока.

Синхронный генератор состоит из следующих основных частей: вращающаяся часть, или ротор, на котором укреплены полюса, питающиеся постоянным током; неподвижная часть, или статор, на котором расположена обмотка трехфазного тока, состоящая из трех отдельных обмоток, соединенных между собой в звезду или треугольник. Для питания обмотки ротора применяется генератор постоянного тока, называемый возбудителем, который обычно насаживается на вал основного генератора. Иногда применяется «центральное возбуждение» от отдельно стоящего возбудителя, приводимого специальным мотором и питающего сразу несколько альтернаторов.

Мощность генератора измеряется в киловольтамперах.

Частота переменного тока (f) связана с числом пар полюсов ротора (p) и числом оборотов в минуту (n) соотношением:

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

Направленные вращения генераторов обычно возможно только в одну определенную сторону.

§ 13. Параллельная работа трехфазных генераторов. Для параллельной работы следует применять по возможности однотипные генераторы, приводимые в движение однотипными первичными двигателями, причем в случае применения паровых машин или двигателей внутреннего сгорания степень неравномерности их хода (т. е. отношение наибольшей разности угловых скоростей за один оборот к средней скорости) должна быть не менее $1/200$ и предпочтительно $1/250$.

Если же предполагается параллельная работа разнотипных машин, то она возможна только при соблюдении целого ряда условий. Особенно большие затруднения могут возникнуть на станциях с двигателями внутреннего сгорания. Поэтому в случаях расширения старых станций и заказа новых машин необходимо всегда выяснить возможность параллельной работы, для чего следует сообщить заводу-изготовителю подробные данные о генераторах и приводящих их первичных двигателях, предназначенных для параллельной работы.

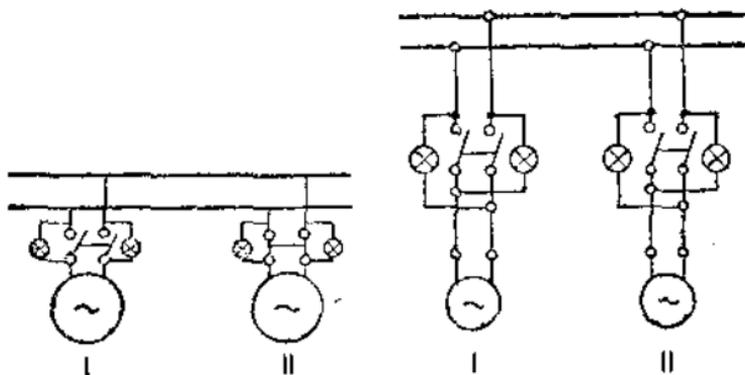


Рис. 85. Схема включения фазовой лампы и вольтметра.

Включение на параллельную работу. Для включения синхронных генераторов на параллельную работу необходимо соблюдение следующих условий:

- 1) напряжение приключаемой машины должно быть равно напряжению на шинах;
- 2) оба напряжения должны совпадать по фазе;
- 3) частота приключаемой машины и частота сети должны быть равны.

Для сравнения напряжения применяют вольтметры, для сравнения частот — частотомеры (обычно двойной частотомер, имеющий две шкалы в одном приборе).

Совпадение фаз определяется по фазовой лампе или вольтметру, включенным между соответствующими фазами (рис. 65).

При включении «на потухание» сначала уравнивают: частоты — путем воздействия на число оборотов двигателя и напряжение — при помощи магнитного и шунтового регулятора возбуждения. При этом фазовая лампа или вольтметр будет периодически загораться и тухнуть и тем медленнее, чем ближе совпадение частот. Добившись достаточно медленного колебания, улавливают момент синхронизма — потухания лампы и положения стрелки вольтметра на нуле, в этот момент и приключают машину к сети.

Если же включение производится «на горение», то порядок операций остается тот же, но включать следует в тот момент, когда лампа достигает наибольшей яркости.

Следует иметь в виду, что неправильная синхронизация может повлечь за собой очень тяжелые аварии. Поэтому при пуске новых установок схема синхронизации должна быть особенно тщательно проверена, а также опробована путем включения приборов синхронизации с обеих сторон в одну и ту же цепь (при правильном включении приборы должны показать полный синхронизм).

§ 14. Распределение нагрузки между генераторами. В отличие от генераторов постоянного тока распределение нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами не может производиться при помощи изменения возбуждения, которое влияет исключительно на величину безваттного тока и коэффициента мощности. Для изменения нагрузки машин необходимо изменить скорость первичного двигателя, воздействуя на его регулятор. Поэтому, если например хотят выключить одну из параллельно работающих машин, то ее разгружают, снижая число оборотов ее первичного двигателя до тех пор, пока стрелки ваттметра и амперметра не станут на нуль, после чего машину отключают от сети и останавливают.

§ 15. Синхронный мотор. Синхронная машина может применяться так же, как мотор. Но ввиду значительной сложности эксплуатации она обычно применяется только при значительных мощностях, когда ее включением в сеть можно достигнуть улучшения коэффициента мощности сети.

§ 16. Асинхронные моторы трехфазного тока. Асинхронный (индукционный) мотор представляет собой вращающуюся электрическую машину, состоящую из неподвижного статора, снабженного трехфазной обмоткой, питаемого от сети и электрически не связанного с ним ротора. В зависимости от конструкции последнего различают два типа моторов: короткозамкнутый мотор и мотор с контактными кольцами.

Статор асинхронного мотора имеет три обмотки и в зависимо-

Синхронные генераторы трехфазного тока мощностью 29 — 100 кВт

Тип	Мощность в кВт		Напряжение до . . .	Коэффициент полезного действия в процентах			Максимальное возбуждение в кВ	Вес генератора (в кг)	Максимальный момент (в кГм)	Возбудитель		Шкив				
	при cos φ от 0,7 до 1	при sin φ от 0,7		Cos φ = 1	Cos φ = 0,8	Нагрузка в процентах от номинальной.				Напряжения	Тип	Диаметр (в мм)	Ширина (в мм)	Вес (в кг)	Диаметр (в мм)	Ширина (в мм)
ТГ 1000/29	29	23,5	525	89,0	86,0	86,3	82,5	0,91	450	—	65	ПН 28,5 или HN 40	82	360	225	60
	40	32,0	525	90,5	87,5	88,5	84,0	1,05	520	—	65	То же	82	400	225	60
ТГ 1000/50	50	40,0	525	91,3	88,0	89,0	85,5	1,18	600	—	65	.	82	450	250	70
	75	65,0	525	91,5	87,0	89,0	84,0	1,60	1110	36	110—220	ПН 45 или HN 60	90	480	325	80
ESD 1001/75	100	87,0	525	92,0	87,0	90,0	85,0	1,83	1440	52	110—220	То же	90	—	—	80

Примечание. Необходимая мощность первичного двигателя определяется по данным: мощности генератора, его к. п. д., расходу на возбуждение. В каждому генератору должны быть оставлены магнитный и шунтовой регуляторы. Минимальное ESD = 10/175 предназначается для чепосредственного соединения (без шкива); остальные — как для непосредственного соединения, так и для ременной передачи.

сти от их соединения может работать при двух различных напряжениях сети.

Если при соединении статора звездой мотор работает при напряжении U , то при соединении его треугольником он будет работать при напряжении $U : \sqrt{3}$. Поэтому в большинстве случаев в асинхронных моторах все шесть концов обмотки статора выводятся наружу и соединяются между собой: при питании высшим напряжением — в звезду согласно рисунку 66а, при питании низшим напряжением — в треугольник согласно рисунку 66б.

§ 17. Ротор мотора с контактными кольцами (рис. 67) обычно имеет трехфазную обмотку, подобную обмотке статора. Три конца области соединены в звезду, а три другие конца выведены на три контактных кольца. При работе мотора (без регулировки числа оборотов) эти кольца также соединяются накоротко (в звезду), но при пуске и в схемах с регулированием числа оборотов они разомкнуты, и фазы отводятся при помощи щеток к трехфазному реостату, в котором соединяются через омическое сопротивление.

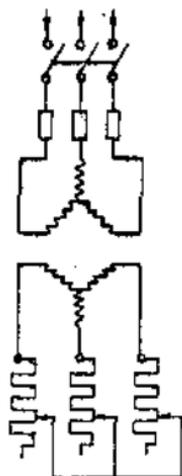
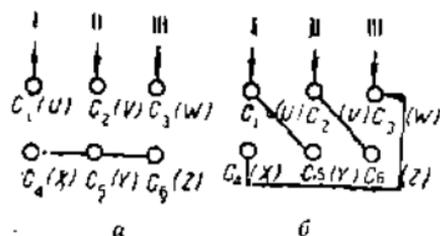


Рис. 66. Соединение статора мотора:
а) в звезду, б) в треугольник

Рис. 67. Схема мотора с контактными кольцами.

Ротор короткозамкнутого мотора вместо фазной обмотки имеет заложенный в пазах ряд медных стержней, соединенных кольцами (так называемые «беличье колесо»); мотор в этом случае пускается в ход без реостата, прямым включением в сеть.

§ 18. Соотношения основных величин. Для создания магнитного потока, являющегося связью между статором и ротором, статор забирает из сети безваттный намагничивающий ток. Поэтому асинхронный двигатель создает сдвиг фаз между током и напряжением, т. е. работает с коэффициентом мощности ($\cos \varphi$), меньшим единицы. Чем меньше ваттная нагрузка на валу асинхронного двигателя, тем меньше $\cos \varphi$. Поэтому работа асинхронных двигателей с неполной нагрузкой, загружая сеть

Цена и вес нормальных асинхронных двигателей заводов ВЭО типа U мощностью от 0,25 до 2,85 кВт с коротко замкнутым ротором

Мощность в кВт при числе оборотов в минуту		Вес кг	Цена руб.	Шкив	
1800	1000			Диаметр мм	Ширина мм
0,25	—	13	72	63	50
0,52	—	17	77	80	50
1,0	0,52	26	93	100	60
1,75	1,0	30	103	125	100
2,85	1,75	50	175	125	100
4,0	2,85	64	199	160	100

Примечание. Двигатели малых мощностей производятся также закрытого типа (тип ИЗО).

Цена и вес асинхронных двигателей заводов ВЭО типа T и УТ мощностью от 2,85 до 55 кВт

Мощность в кВт при числе оборотов в минуту			Тип T с ротором с контактными кольцами		Тип УТ с ротором с контактными кольцами		Тип УТ с короткозамкнутым ротором		Шкив	
1800	1000	750	Вес кг	Цена руб.	Вес в кг	Цена руб.	Вес в кг	Цена руб.	Диам. мм	Шрина мм
6,8	4,5	2,85	98	268	150	490	140	440	200	125
10	6,8	4,5	120	319	210	620	200	560	225	125
14,5	10	6,8	160	354	255	745	235	670	250	150
20,5	14,5	10	210	388	335	890	315	800	280	175
29,0	20,5	14,5	245	479	450	1100	420	990	320	175
40,9	29,0	20,5	350	889	590	1300	560	1170	360	225
55	40	29	420	1251	800	1650	745	1485	400	225

Примечание. Двигатели типа T—открытые, с нормальной изоляцией, предназначены для работы в помещениях, не очень влажных, без проводящей пыли и разбрызгивающих изоляцию паров; двигатели типа УТ, совершенно закрытые (с циркуляцией внутреннего воздуха и в ружным охлаждением) рекомендуются там, где есть опасность опасаться разрушающего воздействия окружающей среды на внутренние части электродвигателя.

Данные нормальных асинхронных двигателей трехфазного тока

Номинальная мощность		К п. д. при номинальной мощности и при синхронном числе оборотов в минуту			Cos φ при номинальной мощности и при синхронном числе оборотов в минуту			Отношение пускового тока к номинальному току при синхронном числе оборотов в минуту		Отношение пускового момента к номинальному
		кВт	Л. С.	1500	1000	750	1500	1000	750	

Двигатели с короткозамкнутым ротором

0,10	0,14	0,680	—	—	0,69	—	—	6,5	5,5	1,7
0,25	0,34	0,720	—	—	0,74	—	—	6,5	5,5	1,7
0,52	0,70	0,770	0,750	—	0,78	0,73	—	6,5	5,5	1,7
1,00	1,35	0,805	0,790	—	0,81	0,75	—	6,5	5,5	1,7
1,75	2,40	0,830	0,815	—	0,84	0,79	—	7,0	6,0	1,5
2,85	3,90	0,845	0,835	—	0,85	0,80	—	7,0	6,0	1,5
4,50	6,10	0,860	0,850	0,83	0,86	0,81	0,79	7,0	6,0	1,5
6,80	9,30	0,865	0,855	0,84	0,87	0,82	0,81	7,0	6,0	1,3
10,00	13,60	0,870	0,860	0,85	0,87	0,83	0,82	7,0	6,0	1,3
14,50	19,70	0,880	0,870	0,86	0,87	0,83	0,83	7,0	6,0	1,3
20,50	28,00	0,885	0,880	0,87	0,88	0,84	0,84	7,0	6,0	1,0
29,00	39,50	0,895	0,885	0,88	0,89	0,85	0,85	7,0	6,5	1,0

Двигатели с ротором и с контактными кольцами

1,75	2,4	—	0,790	—	—	0,74	—	—	—	—
2,85	3,9	0,830	0,810	—	0,82	0,77	—	—	—	—
4,50	6,1	0,845	0,830	0,83	0,84	0,79	0,77	—	—	—
6,80	9,3	0,855	0,855	0,84	0,85	0,81	0,79	—	—	—
10,00	13,6	0,870	0,860	0,85	0,86	0,83	0,81	—	—	—
14,50	19,7	0,880	0,870	0,86	0,87	0,84	0,83	—	—	—
20,50	28,0	0,885	0,880	0,87	0,88	0,85	0,84	—	—	—
29,00	39,5	0,895	0,885	0,88	0,88	0,86	0,85	—	—	—
40,00	54,5	0,900	0,895	0,89	0,89	0,87	0,86	—	—	—
55,00	75,0	0,910	0,905	0,90	0,90	0,88	0,86	—	—	—

Примечания: 1. Отношение максимального вращающего момента к номинальному составляет для двигателей всех типов и мощностей с синхронным числом оборотов в минуту 1500—не менее 2, с синхронным числом оборотов в минуту 1000 и 750—не менее 1,8.

2. Приведенные данные относятся к двигателям открытого типа. Закрытые двигатели производства ВЭ (тип УТ) отклоняются в отношении к.п.д. не свыше 1—2%, но имеют более низкий cos φ (в среднем на 5—7% ниже). По приведенным в таблице данным можно определить мощность, потребляемую двигателем из сети (путем деления номинальной мощности на значение к.п.д.), и силу тока в подводных проводах.

и станцию бесполезным безваттным током, чрезвычайно нежелательна.

Мощность мотора на валу в киловаттах (указываемая на щитке машин) определяется соотношением:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ квт,}$$

где η — коэффициент полезного действия мотора.

Сила тока в подводящих проводах отсюда будет равна:

$$I = \frac{1000 \cdot P}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot \sqrt{3}} \text{ амп.}$$

Синхронным числом оборотов (n_s) асинхронного мотора называется то теоретическое значение числа оборотов, которое мотор имел бы в идеальном случае работы холостую и без потерь. Оно связано с частотой переменного тока (f) и числом пар полюсов статора (p) соотношением.

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Фактически асинхронный мотор никогда не достигает синхронного числа оборотов: при холостом ходе число оборотов (n) очень близко подходит к синхронному, а с увеличением нагрузки (момента на валу) падает; разность между синхронным и действительным числом оборотов, деленная на n_s , называется скольжением асинхронного мотора:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Обычно при полной нагрузке скольжение невелико, составляя 2—6%; при остановке мотора $s = 100\%$.

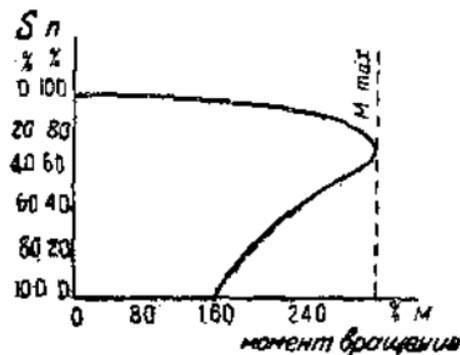
Ввиду того что частота сети является определенным постоянным числом (в СССР 50 пер./сек), а число пар полюсов может быть только целым числом, синхронное число оборотов может иметь только те значения, которые получаются подстановкой в соотношение:

$$n = \frac{60f}{p} = \frac{3000}{p}$$

вместо p целых чисел, начиная от единицы:

$n_s = 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500$ и т. д.

Зависимость между моментом на валу мотора и скольжением (или числом оборотов) изображена на рисунке 68. С увеличением момента нагрузки момент мотора увеличивается, но лишь до известного предела (M_{max}), называемого «прокидывающим моментом». При дальнейшем увеличении нагрузочного момента момент мотора не может соответственно возрасти, и мотор останавливается («прокидывается»). Поэтому отношение максимального момента к номинальному характеризует перегрузочную способность двигателя (обычно 200—300%).



Второй характерной величиной является пусковой момент (M) пуска, который для короткозамкнутых моторов составляет 0,8—1,7 номинального. Моторы с контактными кольцами, благодаря включению реостата в цепь ротора, работают при пуске по измененным характеристикам и могут иметь пусковой момент, в два и более раз превышающий номинальный.

Рис. 68. Соотношение между вращающимся моментом и скольжением

Аналитическое значение момента определяется формулой:

$$M = \frac{K \cdot U^2}{f_1} \cdot \frac{R_2 \cdot s}{R_2^2 + x_2^2 s}$$

где U и f — напряжение и частота сети, R_2 и x_2 — омическое и индуктивное сопротивление фазы ротора, а K — коэффициент, зависящий от конструкции двигателя.

Прокидывающий момент определяется соотношением:

$$M_{max} = K_1 \cdot \frac{U^2}{f_1 \cdot 2x_2}$$

Из приведенных выражений видно, что момент снижается пропорционально квадрату напряжения, поэтому уже при незначительном понижении напряжения перегрузочная способность мотора резко снижается, а при падении напряжения на 30% двигатель может остановиться и потерпеть аварию даже при нормальной нагрузке. Поэтому в установках с асинхронными моторами всегда желательно применение защиты от понижения и исчезновения напряжения (нулевая защита).

§ 19. Пуск и регулирование числа оборотов. Пуск двигателя с контактными кольцами осуществляется в следующем порядке:

1) перед пуском щетки должны быть опущены, и реостат полностью введен.

2) включается рубильник, и постепенно в течение 10—20 секунд выводится реостат, причем двигатель доводится до нормального числа оборотов;

3) когда реостат выведен полностью, щетки поднимаются, причем ротор замыкается накоротко.

После этого снова вводится сопротивление реостата.

Остановка двигателя:

1. Выключается рубильник.

2. Опускаются щетки мотора.

Короткозамкнутый мотор пускается и останавливается включением и выключением рубильника.

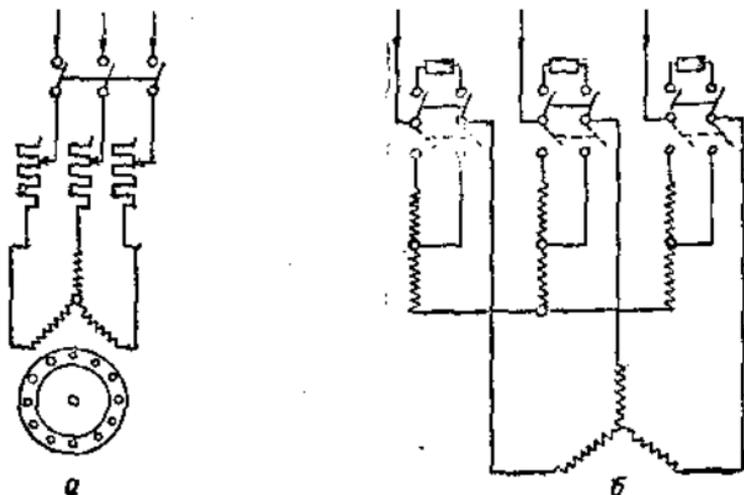


Рис. 69. Схема пуска короткозамкнутого мотора с сопротивлением в статоре и с автотрансформатором.

Для уменьшения величины пускового тока короткозамкнутых двигателей иногда применяют пуск при помощи включения сопротивления в статор (рис. 69—а), а также пуск при помощи автотрансформатора, включающего двигатель сначала на пониженное напряжение с последующим переключением на полное напряжение сети (рис. 69—б).

В моторах, нормально работающих на треугольник, та же цель достигается включением обмоток при пуске на звезду с последующим переключением на треугольник.

Все перечисленные способы пуска страдают одним существенным недостатком: понижая пусковой ток, они в то же время значительно снижают величину пускового момента. Поэтому все перечисленные способы пуска пригодны лишь в тех случаях, когда мотор пускается холостую или с незначительной нагрузкой.

В нижеследующей таблице приведены (по данным ВЭО) средние отношения пусковых токов и моментов ($I_{п}$, $M_{п}$) к нормальным токам и моментам ($I_{н}$, $M_{н}$) для различных способов включения:

Способ пуска		$M_{п} / M_{н}$	$I_{п} / I_{н}$
Прямое заключение в сеть	—	1,50	7,00
Включение переключателем	—	0,60	2,35
Автотрансформатор при ответвлениях	{	80%	4,50
		65%	3,00
		50%	1,75

§ 20. Регулирование числа оборотов в двигателях с контактными кольцами осуществляется путем включения в цепь ротора сопротивлений в виде регулировочных реостатов. При этом следует иметь в виду, что пусковые реостаты, рассчитанные только на кратковременную работу при пуске, не годятся для продолжительной регулировки. Недостатком данного способа являются значительные потери на нагревание реостата.

Изменение числа оборотов без потерь, применимое также и в короткозамкнутых двигателях, осуществляется путем изменения числа полюсов двигателя. Это достигается применением специальных типов двигателей, допускающих переключение обмотки или имеющих две обмотки в статоре или и то и другое вместе. К сожалению число оборотов изменяется скачками, причем по конструктивным соображениям число ступеней ограничено (обычно 2 или 4, например 1500 и 750 или 1500 и 1000, 750 и 500).

Из многочисленных специальных типов двигателей отметим только так называемый «двигатель с глубоким пазом», отличающийся от нормального более высоким проводником и глубоким пазом ротора и дающий более высокий пусковой момент при сравнительно небольшом пусковом токе и позволяющий поэтому включать в сеть короткозамкнутые моторы подобного типа значительных мощностей (типа а PRU производства ВЭО).

Изменение направления вращения асинхронных двигателей достигается путем простого переключения двух фаз статора.

§ 21. Коллекторные двигатели строятся как для трехфазного, так и для однофазного тока и применяются преимущественно там, где в сетях переменного тока необходимо иметь качества моторов постоянного тока, как например легкую и плавную регулировку числа оборотов, серпесную характеристику и пр.

Наиболее употребительны:

а) серпес-двигатель однофазного тока, по свойствам аналогичный серпес-двигателю постоянного тока;

б) репульсионный двигатель, допускающий регулировку скорости путем поворота щеток на коллекторе и имеющий также серпесную характеристику;

в) однофазные и трехфазные двигатели с шунтовой характеристикой, аналогичные по характеристике с шунтовыми двигателями постоянного тока.

§ 22. Таблица главнейших неисправностей электромашины и способов их устранения (по Э. Шульцу):

Явление	Причина	Устранение
I. Постоянный ток		
I. Искрообразование	1. Коллектор шероховат, некруг, нечист и т. д.	1. Очистка карборундом, обточка или шлифовка
	2. Коллектор расшатан, изоляция выступает	2. Нагреть, стянуть, обточить
	3. Изоляция пластинок выступает, так как слюда чересчур твердая	3. Обточить, подшабрить
	4. Неправильная установка щеток а) несоответственно зоне дополнительных полюсов б) различная установка отдельных щеток в) плохо шлифованные щетки	4. Правильно установить и пришлифовать, заставить приработаться при холостом ходе машины
	5. Плохо прижимающиеся щетки	5. Исследовать держатели, сильнее прижать
	6. Чересчур узкие или широкие щетки	6. Выбрать подходящие размеры
	7. Недостаточно пружинящие щетки или щеткодержатели	7. Исследовать щеткодержатели, при наличии указанного заменить их
	8. Неправильная полярность дополнительных полюсов	8. Проверить направление тока в дополнительных полюсах
	9. Короткое замыкание в обмотке дополнительных полюсов	9. Починка

Явление	Причина	Устранение
<p>I. Искрообразование</p> <p>II. Бандажи лопаются</p>	<p>10. Дополнительные полюса касаются обмотки главных полюсов</p> <p>1. Чрезмерное ослабление поля, слишком большое количество оборотов</p> <p>2. Перегрузка</p> <p>3. Разрыв или отставание мест спанки в якоре или у выступов коллектора Бандажи трются</p>	<p>10. Починка</p> <p>1. Привести в нормальное состояние</p> <p>2. То же</p> <p>3. Починка</p> <p>Углубить бандажи или сделать соответственные выемки в полюсных башмаках</p>
<p>III. Машина не дает напряжения</p>	<p>1. Ненадежный контакт в щетках</p> <p>2. Переходное сопротивление велико</p> <p>а) коллектор загрязнен</p> <p>б) изоляция коллектора выступает</p> <p>3. Неправильная установка щеток</p> <p>4. Разрыв у коллектора или в секции</p> <p>5. Обрыв обмотки возбуждения</p> <p>а) в обмотке главных полюсов</p> <p>б) в обмотке магнитов</p> <p>в) в регуляторе</p> <p>6. Разрыв обмотки дополнительных полюсов</p> <p>7. Магнитные обмотки неправильно включены: перемещение полюсов</p>	<p>1. Исследовать</p> <p>2. Смотри раздел I, п. 1</p> <p>3. Отыскать нейтральную зону</p> <p>4. Починка</p> <p>5. Починка</p> <p>6. То же</p> <p>7. Переменить местами концы обмотки магнитов</p>

Явление	Причина	Устранение
<p>IV. Генератор дает противоположное напряжение</p>	<p>8. Остаточный магнетизм потерян</p> <p>Из-за короткого замыкания изменилась напряженность</p>	<p>8. Снова намагнитить, отняв щетки</p> <p>Перемагнить машину, а если ее полярность безразлична — перключить провод на щите.</p>
<p>V. Мотор не идет</p>	<p>1. Сгорели предохранители</p> <p>2. В щетках нет контакта</p> <p>3. Неправильная установка щеток</p> <p>4. Неправильное при соединение к реостату</p> <p>5. Повреждение в обмотке якоря или полюсов</p>	<p>1. Поставить новые предохранители</p> <p>2. Исправить</p> <p>3. Установить правильно</p> <p>4. Включить правильно</p> <p>5. Ремонтировать</p>
<p>VI. Мотор идет с противоположным вращением</p>	<p>Ток в обмотках магнитов имеет неправильное направление.</p>	<p>Переключить</p>
<p>VII. Серийс-мотор разносит</p>	<p>Малая нагрузка</p>	<p>Мотор должен быть нагружен по крайней мере наполовину</p>
<p>VIII. Компаунд-мотор разносит</p>	<p>Обе магнитные обмотки действуют противоположно</p>	<p>Они должны друг друга усиливать</p>
<p>IX. Нагревание подшипников</p>	<p>1. Грязь в масле</p> <p>2. Низкий уровень масла</p> <p>3. Чересчур жидкое масло</p> <p>4. Поверхность вкладышей с трещинами или шероховатая</p>	<p>1 Промыть подшипник</p> <p>2. Долить масла</p> <p>3. Заменить</p> <p>4. Отполировать или заменить вкладыши</p>

Явление	Причина	Устранение
II. Одно- и многофазный переменный ток		
X. Искрообразование у сборных колец	<ol style="list-style-type: none"> 1. Загрязненные кольца 2. Порывистая работа контакта 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отшлифовать 2. Починка
XI. Нагревание катушки статора	Короткое замыкание в катушках или фазах друг с другом	Починка. В случае крайней необходимости при большом числе катушек выключить неисправные катушки
XII. Генератор дает малое напряжение в одной фазе и гудит	<ol style="list-style-type: none"> 1. Короткое замыкание в катушке статора 3. Замыкание в катушках полюсов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Починка неисправной катушки 2. При большем числе полюсов выключение неисправной катушки
XIII. Однофазный мотор не идет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вспомогательный аппарат неисправен 2. Вспомогательная обмотка перегорела вследствие перегрузки 3. Разрыв в пусковом рестоате ротора 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследовать емкость и дроссельную катушку, осмотреть приборы для включения 2. Починка 3. Починка
XIV. Мотор трехфазного тока не идет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разрыв в роторе 2. Разрыв в пусковом рестоате 3. Плохой контакт щеток 4. Одна из фаз статора прервана 5. Неправильное включение звездой вместо треугольника 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Починка 2. Починка 3. Сборное кольцо очистить, щетку припасовать 4. Починка 5. Правильно включить

Явление	Причина	Устранение
	6. Короткозамкнутый якорь распаялся 7. Чрезмерная нагрузка при пуске	6. Припаять и заклепать 7. Разгрузить

III. Трансформаторы

XV. Нагревание масляного трансформатора	1. Уровень масла низок 2. Железные листы износились от старости 3. Короткое замыкание в первичной или вторичной обмотке 4. Плохое скрепление пакетов с листами, отчего вследствие изнашивания изолирующего слоя происходят вихревые токи	1. Установить правильный уровень масла 2. Замена негодной части 3. Починка 4. Разобрать и снова смонтировать, отставшую бумагу заменить
XVI. Неправильное напряжение	1. Неправильное включение 2. Короткое замыкание в первичной или вторичной обмотке	1. Проверить по схеме 2. Починка
XVII. Сильное гудение	1. Расшатанные железные части 2. Швы стыков неплотны 3. Короткое замыкание 4. Перегрузка 5. Перегрузка одной из фаз	1. Починка 2. Проложить изолирующую бумагу и плотно стянуть 3. Починка 4. Установить нормальную нагрузку 5. Равномерное распределение нагрузки

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВРАЩАЮЩИЕСЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Вращающиеся преобразователи служат для преобразования одного рода тока в другой, а также одноименного рода тока, но разных потенциалов.

Вращающиеся преобразователи бывают двух типов:

- 1) мотор-генераторные,
- 2) одноякорные.

§ 23. Мотор-генераторные преобразователи состоят из электромотора любого тока напряжения и типа и из генератора любого тока напряжения и типа. Напряжение одного рода тока не зависит от другого. Коэффициент полезного действия мотор-генераторного преобразователя равен произведению к. п. д. мотора и генератора; поэтому он невысок, ниже, чем у других видов преобразователей.

Мотор-генераторные преобразователи применяются в тех случаях, когда требуется широкое регулирование напряжения и когда к. п. д. не играет большой роли.

§ 24. Одноякорные преобразователи по устройству сходны с машинами постоянного тока, они имеют коллектор и контактные кольца на общем роторе (якоре).

Напряжение и ток со стороны переменного и со стороны постоянного тока находятся в определенной зависимости, приведенной ниже.

	Однофазный ток	Трехфазный ток	Шестифазный ток
$\frac{U_x}{U}$	0,707	0,612	0,354
$\frac{J_x}{J}$	1,41	0,943	0,472

Примечание. В таблице приняты обозначения: U_x — линейное напряжение (между кольцами) в вольтах; J_x — линейный ток в амперах; U — напряжение постоянного тока в вольтах; J — сила постоянного тока в амперах.

Одноякорные преобразователи обычно выполняются шестифазными, а малые выполняются трехфазными. Для изменения напряжения на стороне постоянного тока необходимо изменять напряжение на контактных кольцах, для этого чаще всего применяют потенциальный регулятор и реже — дроссельную катушку.

Одноякорные преобразователи могут включаться на параллельную работу, для этого их обмотки (якорные) как со стороны постоянного, так и со стороны переменного тока соединяются параллельно.

ОТДЕЛ ШЕСТОЙ

СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

§ 1. Основные определения. Трансформатор — неподвижный аппарат, преобразующий электрическую энергию переменного тока одного напряжения в электрическую энергию переменного тока другого напряжения.

Трансформатор состоит из двух изолированных друг от друга обмоток, насаженных на общий железный сердечник.

Обмотка, принимающая энергию, называется первичной; обмотка, отдающая энергию, называется вторичной. Если первичная обмотка приключена к более высокому напряжению, трансформатор называется понижительным, в противном случае — повысительным.

§ 2. Коэффициент трансформации (k) — отношение первичного номинального (т. е. указанного на щитке трансформатора) напряжения U_{01} к вторичному U_{02} .

$$k = \frac{U_{01}}{U_{02}}$$

Напряжение короткого замыкания (e_k) — то напряжение, которое нужно подвести к первичной обмотке, чтобы в обеих обмотках протекали номинальные (указанные на щитке) токи, при коротком замыкании вторичной обмотки.

§ 3. Схемы соединения обмоток и группы соединений (рис. 70).

Трехфазный трансформатор имеет как с высокой, так и с низкой стороны по три обмотки, насаженные на три стержня сердечника, которые могут быть соединены между собой в звезду, в треугольник или в зиг-заг (последнее соединение в звезду, при котором половина обмотки каждой фазы находится на одном стержне, а другая половина — на другом).

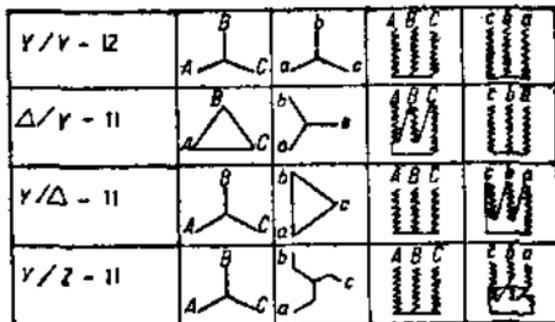


Рис. 70. Нормальные соединения обмоток трансформатора.

В зависимости от соединения обмоток различают несколько групп соединений трансформаторов; на рисунке 70 приведены следующие нормальные группы:

γ/γ_0 — 12 — звезда — звезда с выведенным нулем — применяется в тех случаях, когда со стороны низкого напряжения требуется вывод нулевой точки, но несимметрия нагрузок отдельных фаз невелика и нагрузка нейтрального провода не превышает 25% номинального тока низкого напряжения.

Δ/γ_0 — 11 — треугольник — звезда с выведенным нулем — применяется также в системах с нулевым проводом, но при несимметрии фаз больше чем на 25% и при напряжении не выше 20 000 в.

В системах, не требующих вывода нулевой точки, преимущественно применяется группа γ/Δ — 11 — звезда, — треугольник, а при напряжениях не выше 20 000 в может применяться группа Δ/γ — 11.

Группа γ/z — 11 — звезда — зигзаг — предназначена для неравномерной осветительной нагрузки, но не имеет никаких особых преимуществ перед другими схемами, применяемыми в подобных случаях, поэтому в трансформаторах, изготавливаемых в СССР, не применяется.

Для возможности регулировки напряжения на одной из обмоток трансформатора (обычно со стороны высокого напряжения) на всех трех фазах делаются ответвления от обмотки, позволяющие изменять число подключенных витков и тем самым изменять коэффициент трансформации трансформатора на 5% в обе стороны от номинального.

§ 4. Элементы конструкции. В целях лучшего охлаждения и изоляции силовые трансформаторы выполняются обычно с масляным охлаждением, т. е. сердечник с обмотками погружается в кожух, наполненный трансформаторным маслом.

Сердечник трансформатора выполняется из легированного листового железа толщиной в 0,35—0,50 мм, изолированных друг от друга тонкой бумагой или лаком, и вместе с одетыми на нем обмотками крепится в кожухе, причем крепление рассчитано на правильное вертикальное положение. Поэтому трансформатор при транспорте и монтаже не следует наклонять. Кожух трансформаторов, начиная с 20 кВА делается с волнистой поверхностью для улучшения охлаждения.

Вывод обмоток осуществляется проходными фарфоровыми изоляторами. При напряжении до 6 кВ и силе тока до 275 А применяются трехклемные изоляторы, имеющие каждый три клеммы для переключения напряжения на $\pm 5\%$.

Чтобы дать выход расширяющемуся при нагревании трансформатора маслу, на крышке трансформатора укрепляется консерватор, снабженный в трансформаторах свыше 100 кВА маслоулавлителем в виде стеклянной трубки. В трансформаторах до 100 кВА для проверки наличия масла в доньшке консерватора имеется пробка.

В нижней части трансформатор снабжен пробкой для спуска масла, а в дне кожуха трансформаторов в 180 кВА и выше имеется закрытое боком отверстие для спуска грязи.

Данные о трансформаторах ВЭО мощностью 5 600 *kVA*, напряжением 6 *kV* приведены в таблице на стр. 118 и 119.

§ 5. *Соотношение основных величин.* Если U_1 и U_2 означают линейные напряжения первичной и вторичной обмоток, а I_1 и I_2 — соответствующие силы тока, то мощность трансформатора, выраженная в киловольтамперах, определяется по формуле:

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1}{1000} \approx \frac{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2}{1000}$$

И, наоборот, если известна мощность, сила тока определится соотношением:

$$I_1 = \frac{1000 P}{\sqrt{3} \cdot U_1}; \quad I_2 = \frac{1000 P}{\sqrt{3} \cdot U_2}$$

к. п. д. трансформатора при полной нагрузке и $\cos \varphi = 1$ очень высок (96—99%). Но при неполной нагрузке и низком $\cos \varphi$ снижается и определяется по формуле:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{P_{ж} + P_{м} \cdot a^2}{1000 \cdot P \cdot \cos \varphi_2 + P_{ж} + P_{м} \cdot a^2} \right) \cdot 100,$$

где a — степень нагрузки трансформатора в долях от нормальной, принятой за единицу; $\cos \varphi$ — коэффициент мощности вторичной цепи и $P_{ж}$ и $P_{м}$ — потери в железе и в меди трансформатора в ваттах (см. таблицу).

Коэффициент трансформации определяет напряжение вторичной обмотки только при холостом ходе трансформатора. При нагрузке имеет место падение напряжения в трансформаторе, определяемое согласно формуле:

$$E\% = \frac{P_{м}}{10 \cdot P} \cdot \cos \varphi_2 + \sin \varphi_2 \cdot \sqrt{e_k^2 - \left(\frac{P_{м}}{10 P} \right)^2}$$

Пример. Трансформатор в 320 *kVA*, 6000/400 *V* при полной нагрузке имеет с высокой стороны силу тока:

$$I_1 = \frac{1000 \cdot 320}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 30,7 \text{ А}$$

с низкой стороны:

$$I_2 = \frac{1000 \cdot 320}{\sqrt{3} \cdot 400} = 462 \text{ А,}$$

Технические данные изготавливаемых ВЭО трансформаторов от 5 до 5600 кВА на 3000 и 6000 В наибольшего и наименьшего напряжения на крышке кожуха

Тип трансформатора	Мощность кВА	Напряжение в вольтах		Условное обозначение схем соединений обмоток трансформатора	Потери в ваттах	
		Высшее	Низшее		В железе	В меди
ТМ-5-6	5	3 000— 6 000	230— 400	Y/Y ₀ -12	70	165
ТМ-10-6	10	3 000— 6 000	230— 400	Y/Y ₀ -12	115	305
ТМ-20-6	20	3 000— 6 000	230— 400	Y/Y ₀ -12	190	560
ТМ-50-6	50	3 000— 6 000	230— 400	Y/Y ₀ -12	380	1 225
(ТМ-75-6)	75	3 000— 6 000	230— 400	Y/Y ₀ -12	530	1 725
ТМ-100-6	100	3 000— 6 000	230— 400	Y/Y ₀ -12	660	2 200
ТМ-180-6	180	3 000— 6 000	230— 400— 525	Y/Y ₀ -12 Y/Δ-11	1 150	3 500
ТМ-320-6	320	3 000— 6 000	230— 400— 525	Y/Y ₀ -12 Y/Δ-11	1 700	5 700
ТМ-560-6	560	3 000— 6 000	230— 400— 525	Y/Y ₀ -12 Y/Δ-11	2 500	9 100
ТМ-1000-6	1 000	3 000— 6 000	230— 400— 525	Y/Y ₀ -12 Y/Δ-11	4 700	15 000
ТМ-1800-6	1 800	3 000— 6 000	400— 525	Y/Y ₀ -12 Y/Δ-11	8 000	23 000
ТМ-3200-6	3 200	6 000	3 150	Y/Δ-11	12 000	36 500
ТМ-5600-6	5 600	6 000	3 150	Y/Δ-11	19 500	54 500

Примечания. 1. Напряжение короткого замыкания и падение напряжения
2. Согласно ОСТ'у 4315/2, замыканию ОСТ 713, падение напряжения дано в размере 5,5%.

трехфазного тока с масляным охлаждением мощностью
 ния с дополнительными выводами со стороны наибольшего
 для регулирования напряжений на $\pm 5\%$

К. п. д. в процентах при		Нпряжение с от- с о замык ния в : процентах	Падение на- пряжения в про- центах при		П, близительный вес (в кг)			Габаритные размеры (в мм)		
Соэф=1	Соэф=0,8		Соэф=1	Соэф=0,8	Т, вст о а то, а консер- виро ои, члю из масла	Рынной части	Масла	Полная вы- сота	Укая сто- рона	Ши: окая сторона
95,50	94,46	4,7	3,30	4,65	240	130	70	935	335	840
95,95	95,00	4,5	3,05	4,40	255	145	70	935	335	840
96,40	95,55	4,3	2,80	4,20	370	200	100	1 050	425	940
96,90	96,15	4,1	2,45	3,95	540	280	140	1 140	500	1 055
97,05	96,35	4,0	2,30	3,80	600	320	155	1 240	500	1 055
97,20	95,55	4,0	2,20	3,75	775	395	225	1 355	535	1 160
97,50	96,90	4,0	1,95	3,65	1 395	635	360	1 535	720	1 280
97,75	97,20	4,0	1,78	3,55	1 845	800	540	1 950	840	1 340
98,00	97,5	4,0	1,63	3,50	3 380	1 340	1 020	2 550	1 010	1 715
98,07	97,6	4,0	1,5	4,5	6 210	2 300	2 500	2 765	1 330	2 580
98,28	97,7	5,5	1,28	4,3	9 970	3 580	3 950	3 200	1 520	2 835
98,5	98,1	5,5	1,14	4,2	14 450	4 850	5 600	3 880	1 930	3 075
98,7	98,35	5,5	0,97	4,18	18 660	7 480	5 950	4 080	2 840	3 600

лены с допуском $\pm 10\%$. К. п. д. дан с допуском $\pm 1\%$ от потерь.
 короткого замыкания трансформаторов всех мощностей от 5 до 5600 квв

При нагрузке в 60% от номинальной (в kVA и $\cos \varphi = 0,75$ коэффициент полезного действия трансформатора составит:

$$\eta = \left(1 - \frac{1700 + 5700 \cdot 0,6^2}{1000 \cdot 320 \cdot 0,75 + 1700 + 5700 \cdot 0,6^2} \right) \cdot 100 = 85,6\%$$

Падение напряжения при этом составит:

$$E\% = \frac{5700}{10 \cdot 320} \cdot 0,75 + 0,68 \sqrt{5^2 - \left(\frac{5700}{10 \cdot 320} \right)^2} = 4,85\%$$

т. е. будем иметь с низкой стороны не 400, а $400 - 400 \cdot 0,0486 = 381 V$.

§ 6. Параллельная работа трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов возможна только при соблюдении следующих условий:

1. Нормальные первичные и вторичные напряжения трансформаторов должны быть соответственно одинаковы.

2. Трансформаторы должны иметь одинаковые группы соединения обмоток.

Невыполнение этих требований может повлечь за собой при включении короткое замыкание и аварию трансформатора.

3. Кроме того для правильного распределения нагрузки между трансформаторами (пропорционально номинальным мощностям) необходимо, чтобы напряжение короткого замыкания трансформаторов e_x было одинаково.

Несоблюдение этого условия влечет за собой неправильное распределение нагрузок согласно формуле:

$$P'_1 = \frac{\Sigma P'}{\frac{P_1}{e_{k1}} + \frac{P_2}{e_{k2}} + \dots + \frac{P_n}{e_{kn}}} \cdot \frac{P_1}{e_{k1}}; \quad P'_2 = \frac{\Sigma P'}{\frac{P_1}{e_{k1}} + \frac{P_2}{e_{k2}} + \dots + \frac{P_n}{e_{kn}}} \cdot \frac{P_2}{e_{k2}}$$

и т. д., P_1, P_2 — означает номинальные нагрузки трансформаторов, P'_1, P'_2 — фактические нагрузки при параллельной работе, а P' — общая фактическая нагрузка.

Пример. Хотят включить на параллельную работу два трансформатора 6000/400 V, первый — 320 kVA $e_x = 6\%$; второй — 100 kVA , $e_x = 3,5\%$. Если нагрузить их суммарной номинальной мощностью — $320 + 100 = 420 kVA$, то эта нагрузка распределится между ними следующим образом:

Трансформатор в 320 kVA :

$$P'_1 = \frac{420}{\frac{320}{6} + \frac{100}{3,5}} \cdot \frac{320}{6} = 273 kV,$$

т. е. будет недогружен на 15%.

Трансформатор в 100 kVA:

$$P' = \frac{420}{\frac{320}{6} + \frac{100}{3,5}} \cdot \frac{100}{3,5} = 147 \text{ kA,}$$

т. е. будет недогружен на 47%.

Так как перегрузка трансформатора в 100 kv на 47% недопустима, то мы должны снизить общую нагрузку до пределов:

$$420 \cdot \frac{100}{147} = 285 \text{ kV,}$$

т. е. прислотив второй трансформатор, мы можем от двух получить меньшую мощность, чем от одного.

Поэтому в случае хотя бы незначительного неравенства ϵ_x , всегда следует делать поверочный расчет и определять распределение нагрузок и максимально допустимую суммарную нагрузку.

Включение на параллельную работу. По окончании монтажа и всех необходимых проверок перед включением на параллельную работу необходимо:

1. По паспортным дощечкам проверить совпадение первичного и вторичного напряжений, схем соединения обмоток и напряжения кор. зам. ϵ_x у подключаемого и работающих трансформаторов.

2. Выяснить, на каких ответвлениях работают подключаемые трансформаторы, и включить присоединяемый трансформатор на эти же ответвления (не под напряжением).

3. После этого присоединить зажимы, отмеченные определенными буквами, к соответствующим шинам со стороны высокого напряжения.

Так как неправильное включение может повлечь за собой короткое замыкание, необходимо перед включением со стороны низкого напряжения произвести предварительную проверку правильности соединения. Для этого одна фаза включаемого трансформатора присоединяется к одноименной шине, а между другими фазами включается лампа, или несколько ламп последовательно, или вольтметр (которые должны выдержать двойное рабочее напряжение, могущее появиться при неправильном соединении); при правильном соединении они должны показать между одноименными фазами отсутствие напряжения, после чего можно включать трансформатор на параллельную работу, в противном случае будет несоблюдено одно из вышеперечисленных условий или спутаны фазы.

Необходимо иметь также в виду, что при включении трансформатора только с одной стороны на высокой стороне благодаря

обратной трансформации сейчас же появляется жизнеопасное высокое напряжение.

§ 7. Эксплуатация трансформаторов. В процессе работы трансформатора необходимо регулярное наблюдение за нагрузкой трансформатора (измеряемой в *kVA* или в амперах), за его нагревом и за состоянием масла.

Трансформаторы, изготавливаемые в СССР (электростанцией ВЭО), при длительной работе (10 часов и выше) под полной нагрузкой и температуре окружающего воздуха $+35^{\circ}\text{C}$ не допускают перегрузки.

Если температура окружающего воздуха ниже 35°C , то на каждый градус понижения температуры допускается перегрузка на 1%, но в общем не выше 30%.

Если же трансформатор работал длительно с половинной нагрузкой, то и при окружающей температуре в 35°C допускается перегрузка: на 10% в течение 3 часов и на 30% в течение одного часа.

Нагрев масляных трансформаторов с воздушным охлаждением допускается в следующих пределах:

Части трансформатора	Допускаемая температура	Допускаемое превышение температуры над температурой окружающей среды
Обмотки в масле	115	70
Железный сердечник	110	75
Масло	95	60

Контроль температуры масла осуществляется при помощи термометра, вставляемого в специальное отверстие на крышке.

Поверочное испытание масла на пробой должно производиться в трансформаторах (напряжением до 40 *kV*), установленных на открытом воздухе, каждые 3 месяца, а в трансформаторах, установленных в закрытых помещениях, каждые 6 месяцев. Через маслоспускное отверстие в нижней части кожуха выпускается немного масла для промывки отверстия, а затем проба масла забирается в чистую сухую стеклянную бутылку, которая немедленно после этого закрывается пробкой и заливается парафином.

ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ

СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СТАНЦИЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

§ 1. Станция постоянного тока с шунтовыми генераторами, работающими параллельно (рис. 71). Один полюс каждого генератора приключается к шинам через однополюсный рубильник, другой полюс — через минимальный автомат. Защита как генераторов, так и фидеров осуществляется плавкими предохранителями, которые, если идти от шин, располагаются за рубильниками.

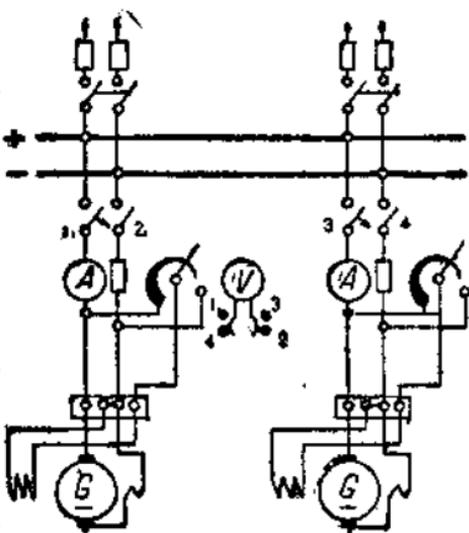


Рис. 71. Станция постоянного тока с шунтовыми генераторами.

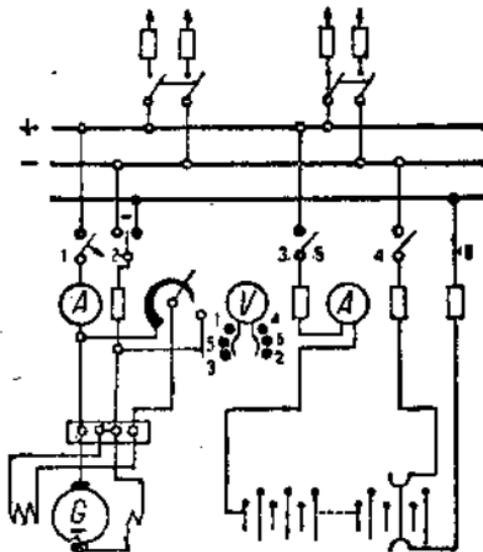


Рис. 72. Станция постоянного тока с шунтовыми генераторами и аккумуляторной батареей.

ном. При наличии на станции только одного генератора минимальный автомат и однополюсный рубильник заменяются одним двухполюсным рубильником, а также упраздняется вольтметровый переключатель. В остальном схема остается без изменений.

§ 2. Станция постоянного тока с шунтовыми генераторами и аккумуляторной батареей (на рис. 72 изображен только один ге-

ератор). Эта схема позволяет осуществлять параллельную работу машин и батарей, а также заряд батарей одной из машин при работе других машин и самой батареи на сеть.

Последняя комбинация осуществляется при помощи переключателя 2: при работе машины на сеть переключатель ставится в левое положение, а при зарядке батарей — в правое положение (рекомендуется устанавливать переключатель, допускающий переключение без перерыва тока), соединяя данный полюс машины с специальной «зарядной шиной». Батарея соединяется с ши-

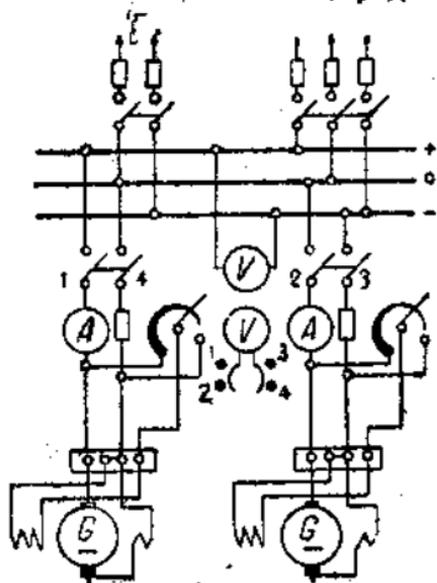


Рис. 73. Станция с трехпроводной системой распределения.

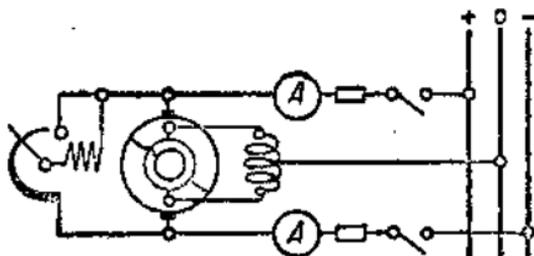


Рис. 74. Делитель напряжения системы Дольно-Добровольского.

В тех случаях, когда нежелательно отключение одной из машин от сети, для зарядки батарей применяются схемы со специальной вольтодобавочной машиной.

§ 3. Станция с трехпроводной системой распределения (рис. 73). Напряжение между крайними проводами равно удвоенному напряжению между одним из крайних проводов и средним нулевым проводом. Это достигается последовательным соединением двух одинаковых машин: положительный полюс одной машины и отрицательный полюс другой соединяются между собой путем присоединения к «нулевому проводу», а между крайними проводами получается двойное напряжение; приемники тока могут включаться между одним из крайних проводов и средним проводом (на одинарное напряжение), а также между крайними проводами (на двойное напряжение). Часто применяют систему, в которой моторная нагрузка включается на двойное напряжение

между крайними проводами, а осветительная — на одинарное напряжение между крайними проводами и нулевым.

§ 4. Два генератора можно заменить одним, применяя машину с делителем напряжения системы Доливо-Добровольского (рис. 74). В этой машине кроме коллектора имеются два контактных кольца, с которыми посредством щеток соединены концы неподвижной дроссельной катушки. Нулевой провод присоединяется к средней точке обмотки дроссельной катушки.

ГЛАВА ВТОРАЯ

СХЕМЫ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

§ 5. Схемы синхронизации генераторов (рис. 75 и 76). При «синхронизации с шинами» (рис. 75) включаемый генератор син-

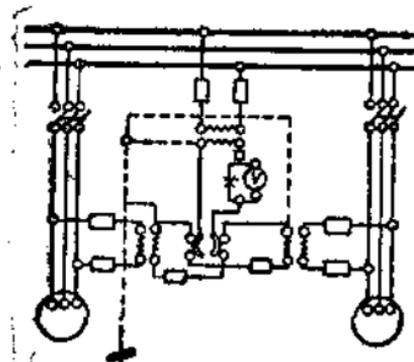


Рис. 75. Синхронизация с шинами.

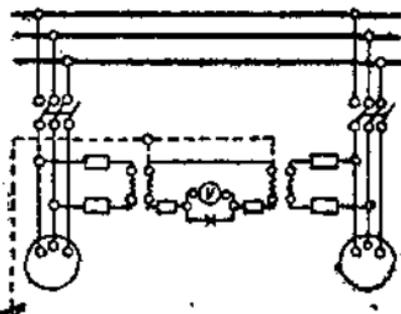


Рис. 76. Синхронизация между генераторами.

хронизируется с шинами станции. Здесь приборы синхронизации — фазовая лампа и нулевой вольтметр — при помощи переключателя с одной стороны приключены постоянно к одной из шин, а с другой — могут приключаться к соответствующему полюсу любого генератора через трансформаторы напряжения.

При синхронизации между генераторами (рис. 76) приборы синхронизации при помощи переключателя приключаются с одной стороны к включаемому генератору, а с другой стороны — к работающему.

В установках низкого напряжения приборы синхронизации включаются непосредственно в цепь, без трансформаторов напряжения.

§ 6. Станция трехфазного тока низкого напряжения изображена на рисунке 77. Синхронизация в данном примере осуществляется с шинами.

Возбуждение генераторов осуществляется или от общих шин постоянного тока (как показано на схеме) или при помощи отдельных возбудителей на каждом генераторе.

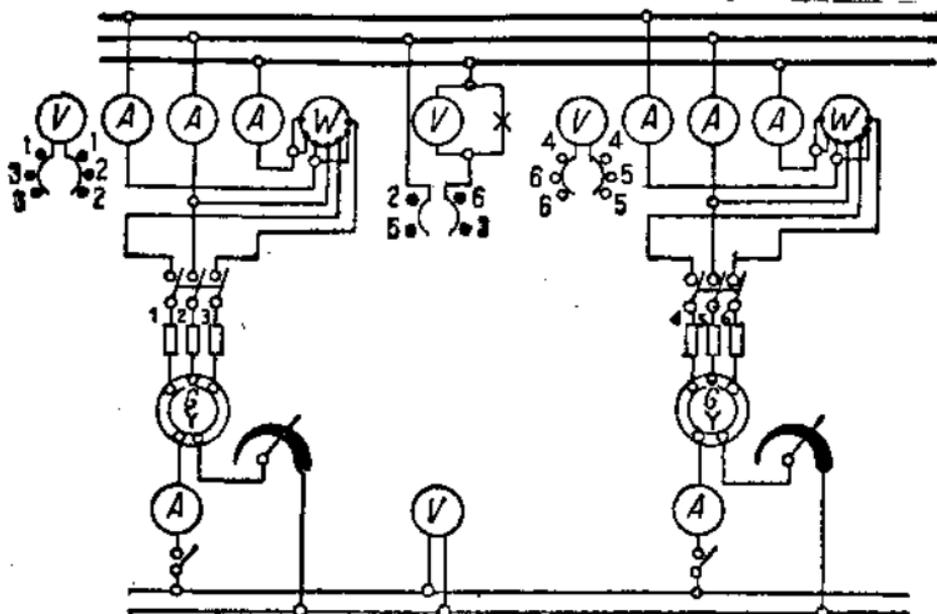


Рис. 77. Станция трехфазного тока низкого напряжения.

§ 7. Станции трехфазного тока высокого напряжения в зависимости от мощности, назначения и ряда других факторов отличаются чрезвычайным разнообразием схем.

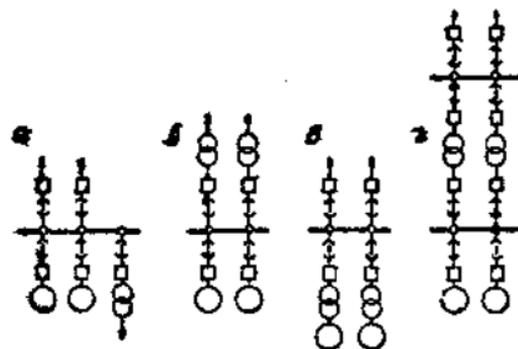


Рис. 78. Типичные схемы станций в однолинейном изображении.

Типичные схемы станций в однолинейном изображении без измерительных приборов и защиты показаны на рисунке 78, где схемы: а) дает типовое решение для случая распределения энергии при генераторном напряжении, б) трансформатор и линия — составляют одно целое, в) генератор и трансформатор составляют одно целое, г) генератор, трансформатор и линия разделены шинами и независимы друг от друга.

Для небольших станций обычно предпочитают схему а, позволяющую использовать генераторное напряжение при наименьшем количестве аппаратуры.

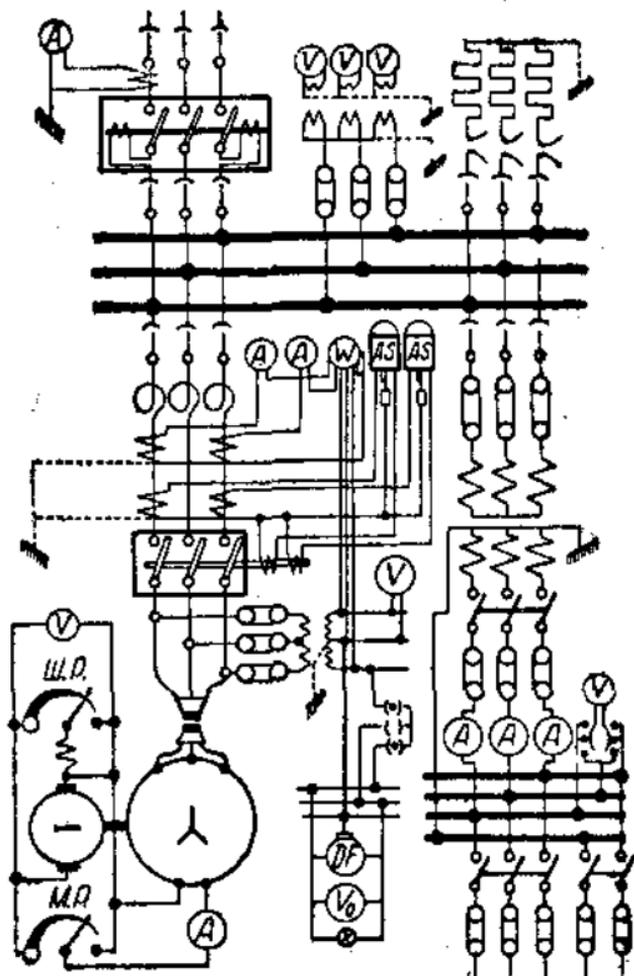


Рис. 78а. Станция трехфазного тока в кВ.

§ 8. Схема станции трехфазного тока с распределением энергии на генераторном напряжении (рис. 78а). В приведенном примере каждый генератор имеет отдельный возбудитель в виде генератора постоянного тока с ручной регулировкой напряжения при помощи шунтового и магнитного регулятора.

В цепь каждого генератора включены: а) два однофазных трансформатора напряжения, включенные так называемым «от-

крытым треугольником», б) масляный выключатель ВМ5 с сигнальными лампами; в) два трансформатора тока, имеющие по две обмотки низкого напряжения каждый: одну для измерительных приборов и другую для реле; г) дроссельные катушки для защиты генератора от перенапряжений; д) однополюсные разъединители.

Синхронизация между генераторами — три помощи двойного частотера, нулевого вольтметра и фазовой лампы.

Каждый отходящий фидер снабжен автоматическим масляным выключателем ВМ 5 с разъединителями как со стороны шин, так и со стороны отходящей линии. Последние необходимы лишь при длинных воздушных линиях и в тех случаях, когда линия может получить напряжение еще и другим путем помимо данного фидера (например от другого фидера при двойной линии передачи, или от другой станции).

Помимо отходящих фидеров, к шинам присоединены:

1. Приборы контроля изоляции в виде трех однофазных трансформаторов напряжения, соединенных в звезду с заземленной нулевой точкой (применение трехфазного трансформатора недопустимо).

В низковольтную обмотку трансформаторов включены вольтметры, показывающие при исправном состоянии изоляции фазовые напряжения, при повреждении изоляции какой-либо фазы вольтметр этой фазы показывает меньшее напряжение вплоть до нуля при полном заземлении. Вольтметры неповрежденных фаз отклоняются при этом в сторону повышения напряжения.

2. Защита от перенапряжений в виде оцелитовых разрядников. Применять роговые разрядники не следует ввиду их непригодности.

3. Установка для собственных нужд в виде небольшой трансформаторной подстанции, понижающей напряжение до 230 В для нужд освещения и моторов станции, снабжения прилегающего района и питания сигнальных ламп.

§ 9. Схемы защиты от перегрузок, токов короткого замыкания и возвращения напряжения. Схемы защиты от перегрузок и коротких замыканий, а также от возвращения напряжения (нулевая защита) для установок небольшой мощности представлены на рисунке 79 (нумерация согласно каталога ВЭО).

Здесь схема 1 дает способ защиты путем непосредственного питания выключающих катушек максимального тока от трансформаторов тока. Схема 3 — максимальные катушки дополнены катушкой нулевого напряжения, действующей от трансформатора напряжения и выключающей масляный выключатель в случае понижения или полного исчезновения напряжения.

В схеме 5 трансформаторы тока питают первичную цепь реле максимального тока. Вторичная цепь реле, включенных последовательно с выключающей катушкой, питается от трансформатора напряжения и постоянно находится под напряжением.

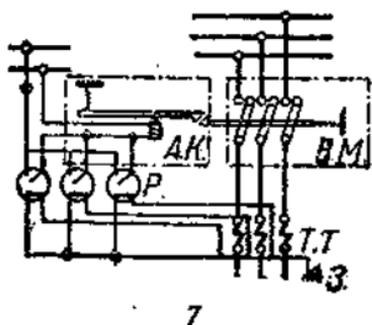
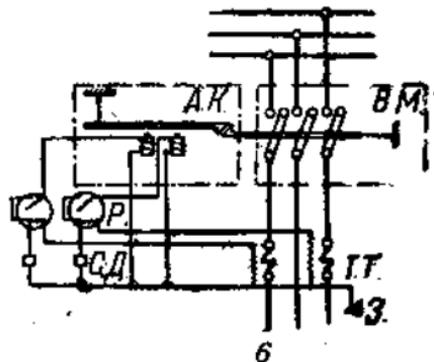
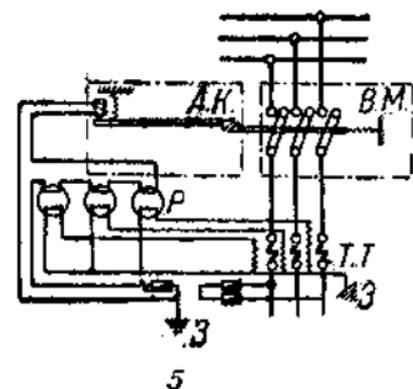
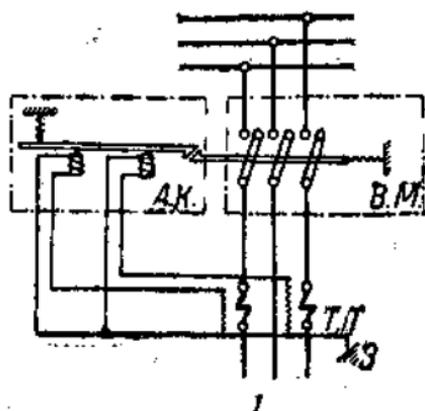
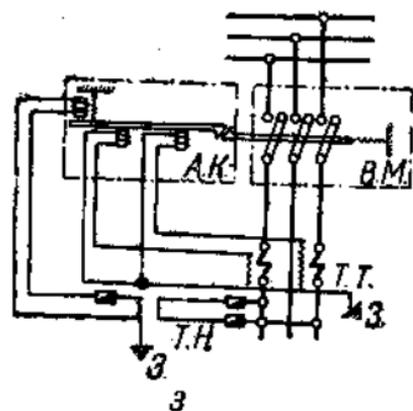


Рис. 78. Схемы защиты от перегрузок токов короткого замыкания и возвращения напряжения.

В случае действия одного из реле цепь размыкается, выключающая катушка лишается напряжения и отключает масляный выключатель. Подобное включение реле носит название включения на размыкание. Реле выключит и при исчезновении напряжения в цепи, а поэтому осуществляет также нулевую защиту.

Схема 7 может применяться только в тех случаях когда имеется посторонний независимый источник тока (например аккумуляторная батарея или батарея элементов).

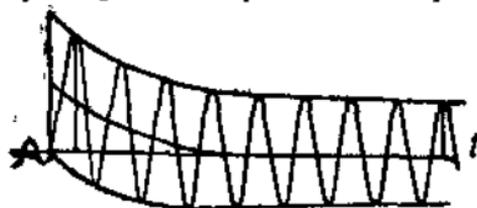


Рис. 80. Протекание процессов короткого замыкания во времени

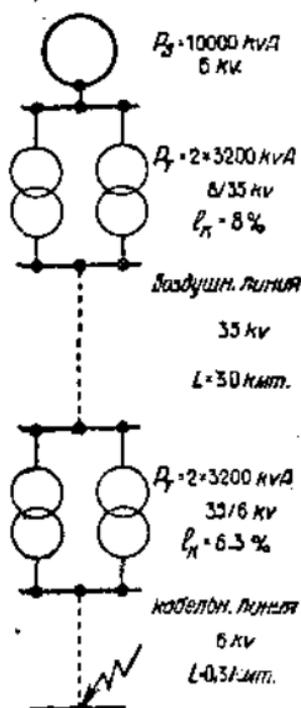


Рис. 80б.

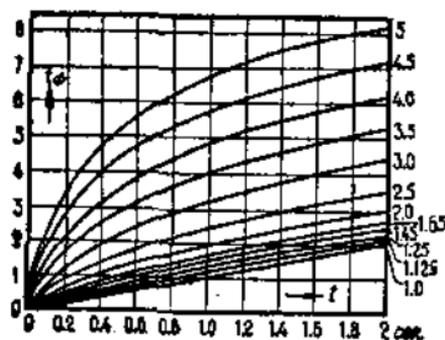


Рис. 80а.

$$\frac{I_{st}}{1,8 I_d}$$

Вторичные цепи реле включены параллельно, и при перегрузке или кор. зам. в одной из фаз соответствующее реле замкнет свои контакты, ток независимого источника потечет в катушку, которая отключит масл. выкл. Подобное включение носит название включения на замыкание.

Схема 6 не требует применения трансформатора напряжения или независимого источника тока. Здесь первичная цепь реле включена на добавочное сопротивление (СД), и при действии реле выключающая катушка включается параллельно сопротивлению.

§ 10. Применение двухфазной или трехфазной защиты. Если применяется система с незаземленной нейтралью (т. е. нулевая точка генераторов или трансформаторов не заземлена со стороны того напряжения, где устанавливается защита), то незави-

симо от схемы достаточно установить защиту только на двух фазах. Если же нейтраль установки заземлена, то необходимо установить защиту на всех трех фазах.

В приведенных примерах в схемах 1, 8, 6 показана защита на двух, а в схемах 5, 7 — на трех фазах.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА И ЗАЩИТА СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

§ 11. Основные определения. Величина тока короткого замыкания зависит исключительно от мощности станции, питающей установку, и от сопротивления проводов и трансформаторов, включаемых между станцией и местом короткого замыкания.

Протекание процесса короткого замыкания во времени представлено на рисунке 80: в первый момент ток короткого замыкания достигает максимума, а затем спадает в течение 2—4 секунд.

Поэтому различают:

- 1) амплитудное значение мгновенного тока кор. зам.,
- 2) эффективное значение мгновенного тока кор. зам.,
- 3) эффективное значение установившегося тока кор. зам.

При проектировании установок переменного тока (и особенно установок, связанных с районной сетью) необходимо:

- 1) определить величину возможного тока короткого замыкания;
- 2) в соответствии с величиной тока короткого замыкания, с назначением и характером работы установки выбрать масляный выключатель, предохранитель и приборы защиты;
- 3) проверить, выдерживает ли аппаратура установки термическое (тепловое) и динамическое действие токов короткого замыкания.

Ниже приводятся методы ориентировочных расчетов трехфазного тока короткого замыкания в простейших сетях и проверка устойчивости аппаратуры.

Расчет тока короткого замыкания. Определяют в процентах согласно таблице величины индуктивного сопротивления (реактанц) тех элементов сети, которые включены последовательно между станцией и местом сети, для которого определяется ток к/з. Если имеется несколько параллельно включенных линий или трансформаторов, то, определив реактанцы x_1 , x_2 каждого в отдельности, заменяем их реактанцы суммарным реактанцем x , определяемым из соотношения:

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}$$

Участок сети	Реактанцы (в процентах)	Примечание
Станция (генераторы) приближенно	$x_s = 12$	P_s — мощность станций в кВа
Трансформатор	$x_T = e_k \frac{P_s}{P_T}$	P_T — мощность транс- формат в кВа
Возд. линия	$x_L = 0,04 L \frac{P_s}{U^2}$	e_k — напряж. короткого замыкания трансфор- мат. (в проц.) (см. табл. стр. 118)
Кабельн. линия	$x_K = 0,0072 L \frac{P_s}{U^2}$	U — напряж. линии в кВ L — длина линии в км

Затем все последовательно включенные реактанцы суммируются и по суммарному реактиву x , выраженному (в процентах) определяются коэффициенты S_d и S_x согласно нижеследующей таблице:

Σx (в проц.)	5	8	10	12	15	20	30	40	50	60	75	100	125	150 и выше
S_d	2	2	2	2	2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,65
S_x	10,5	7,1	6	5,2	4,5	3,6	2,5	2,0	1,6	1,4	1,2	0,9	0,75	0,65

Ток короткого замыкания определяется по формулам:

Эффективное значение установившегося тока, короткого замыкания:

$$J_d = S_d \cdot J_n \text{ амп;}$$

Эффективное значение тока спустя 0,25 сек. от начала кор. зам.:

$$J_x = S_x \cdot J_n \text{ амп;}$$

Эффективное значение мгновенного тока кор. зам.:

$$J_{st} = 1,8 J_n \cdot \frac{100}{\Sigma x} \text{ амп;}$$

где J_n — номинальный ток, определяемый по формуле:

$$J_n = \frac{P_s}{\sqrt{3} U};$$

U — напряжение в той точке сети, для которой определяется ток кор. зам.

В случае, когда имеется длинная линия с подстанцией, мощностью P_s на конце, питаемая от мощной районной сети (мощностью 100 000 квт и выше), схема расчета усложняется и требует знания целого ряда данных, что иногда бывает затруднительно. В этих случаях можно, допуская некоторое преувеличение, определить суммарный реактанс ответвления по тем же формулам, заменяя мощность станции P_s ответвляемой мощностью P_r и затем определить ток кор. зам. по формулам:

$$J_d = J_k = J_s \cdot \frac{100}{\sum x} \text{ амп;}$$

$$J_{sd} = 1,8 J_d \text{ амп.}$$

Для длинных линий рекомендуется также учесть их омическое сопротивление по формуле (для меди): $r_s = \frac{1,75}{q} L \frac{P_s}{U^2}$, которое затем складывается с реактивным по формуле:

$$z = \sqrt{(\sum x)^2 + r^2}.$$

Предельная выключаемая сила тока масляного выключателя («разрывная сила тока») для обеспечения во всех случаях вполне надежной работы должна быть выше силы тока J_k , полученной из расчета.

Термическое воздействие тока короткого замыкания на провода и трансформаторы тока. На основании расчета токов кор. зам. определяется

отношение $\frac{J_{st}}{1,8 J_d}$; зная время выдержки t реле или выключающих катушек, по кривым рисунка 80а определяем так называемую «фиктивную продолжительность кор. зам.» $t\varphi$ ¹.

Наименьшее допустимое сечение проводов и кабелей определяется по формуле:

$$q \geq \frac{J_d}{k} \sqrt{t\varphi},$$

где значение коэффициента « k » определяется из нижеследующей таблицы (на стр. 134).

Максимальная сила тока кор. зам., выдерживаемая трансформатором тока, определяется по формуле:

$$J_d < J_t \frac{n}{V t\varphi},$$

¹ Если выдержка реле больше 2 сек., то берут значение $t\varphi$ для 2 секунд и к нему прибавляется излишек времени сверх 2 секунд.

Тип провода	K	Допустим. перегрев при коротк. замыкании
Изолир. кабель медный	157	160° C
" " " " алюмин.	100	160° C
Голая медь	200	300° C
Голый алюминий	126	300° C

где J_t — нормальная первичная сила тока трансформатора, а n — допустимая кратность тока коротк. зам., определяемая для трансформаторов проходного типа завода «Электроаппарат», согласно нижеприведенной таблицы:

Типы тр-ов	n
Все нормальные типы	85
Усиленные типы 7,72,77	130
" " " " 1,2,22	260

Пример. Определим ток к/з в точке „а“ сети, представленной на рис. 806; реактанс генераторов $x_g = 12\%$; повышающ. тр-ов $x_{\Sigma} = (8 \times 10000) : (2 \times 3200) = 12,5\%$; возд. линии $x_L = (0,04 \times 30 \times 10000) : 35^2 = 9,8\%$; понижающ. тр-ов $x_{\Sigma} = (6,3 \times 10000) : (2 \times 3200) = 9,9\%$; кабельной линии $x_k = (0,0072 \times 0,3 \times 10000) : 6^2 = 0,6\%$; суммарный реактанс в точке „а“ $\Sigma x = 44,8\%$; номинальный ток для напряжении $U = 6$ кв. равен $J_n = 960$ амп; $S_a = 1,35$; $S_k = 1,8$; ток к/з в точке „а“ равен: $J_d = 960 \times 1,35 = 1300$ А. $J_k = 960 \times 1,8 = 1720$ А; $J_{ad} = (1,8 \times 960 \times 100) : 44,8 = 3820$ А. Масляный выключатель должен иметь разрывную силу тока выше 1720 А (тип ВМ—14). Если выдержка времени реле равна 1,2 сек., то при отношении $J_{ad} : 1,8 \cdot J_d = 3820 : (1,8 \times 1300) = 1,64$, будем иметь $t_{\phi} = 1,9$ сек.; сечение алюминиевого кабеля, защищаемого этим реле, должно быть не меньше

$$qa \geq \frac{1300}{100} \sqrt{1,9} = 18 \text{ кв. мм}$$

или, по стандарту, не менее 25 кв. мм.

§ 12. Защита станций и подстанций от токов ненормальной величины. Требования к рационально устроенной защите:

1) не отключать установку при кратковременных перегрузках, не опасных для аппаратуры;

2) в случае недопустимой перегрузки или короткого замыкания отключить своевременно только поврежденный участок, оставив неотключенной здоровую часть сети (принцип селективной защиты).

§ 13. Выбор схемы и выдержки времени. Во всех случаях защиты трансформаторных подстанций малой и средней мощности (до 560—1000 *kVA*) применение выключающих катушек по схеме I (рис. 79) дает вполне удовлетворительные результаты. Если к подстанции приключена моторная нагрузка, не имеющая своей нулевой защиты, то желательно применение схемы 3.

Реле обычно применяются на центральных станциях или подстанциях значительной мощности. Там, где возможно иметь независимый источник тока, всегда желательно иметь защиту с питанием от этого источника согласно схеме 7 (рис. 79).

Выбор выдержки времени производится с таким расчетом, чтобы разность (ступень) времени выключения (при коротком замыкании) на двух последовательно включенных масляных выключателях составляла 1 секунду, причем выдержка должна увеличиваться по направлению от потребителя к центральной станции. При этом при защите трансформаторов выдержку времени нежелательно увеличивать свыше 3—3½ секунд.

Выключающая сила тока катушки или реле устанавливается обычно на величину 125—140% номинальной силы тока фидера с учетом коэффициента трансформации трансформатора тока.

§ 14. Распределительные устройства низкого напряжения. Распределительные устройства низкого напряжения монтируются на мраморных щитах, устанавливаемых на каркасе из углового железа, причем отдельные небольшие щиты подвешиваются непосредственно на стене (или в нише); каркасы более крупных распределительных щитов крепятся на полу, а между щитом и стеной устраивается проход, причем расстояние между токопроводящими частями и стеной должно быть не менее 1 м, но если место позволяет, желательно иметь ширину прохода 1,2—1,5 м.

Для напряжений до 250 В допустима открытая установка рубильников на лицевой стороне щита; при более высоких напряжениях необходимо все токопроводящие части покрывать защитными крышками, а наиболее рациональна установка рубильников за щитом с выведением рукояток на лицевую сторону.

Предохранители пробочного типа устанавливаются на лицевой стороне щита, что же касается предохранителей пластинчатых и трубчатых, то их всегда желательно помещать за щитом. Во всех случаях, когда в помещении имеются пыль, грязь, пары (например аммиака), а также в помещениях, обслуживаемых малоквалифицированным персоналом, следует применять конструкции распределительных устройств в виде комплекта закрытых чугунных ящиков.

§ 15. Элементы устройств высокого напряжения. Сборные шины размещаются обычно в верхней части распределительного

устройства, но должны быть легко доступны для осмотра, чистки и ремонта.

Однополюсные разъемники монтируются на высоте, обеспечивающей удобное управление штангой — не выше 3 м, наилучшая высота — 2,25—2,75 м от пола.

Масляные выключатели устанавливаются в отдельных камерах и должны быть отделены от места обслуживания прочной огнестойкой перегородкой. Под выключателем должен быть устроен маслосток в виде ямы, покрытой железной решеткой, на которую насыпают слой гравия в 10—15 см. При питании от мощных сетей масляные выключатели устанавливаются в совершенно изолированных камерах с отдельным выходом наружу (взрывные камеры).

Ниже приведены нормальные размеры камер и расстояния между шинами установок в 6 кв.

Наименование	Тип выключателя	
	ВМ — 5	ВМ — 14
Наименьшая глубина камеры	800	900
ширина	800	900
Расстояние между шинами	200 — 250	250 — 300
Наименьшее допустимое расстояние между фазами и между фазой и зем- лей	100	100

Трансформаторы, если они устанавливаются внутри помещения, так же как и масляные выключатели, помещаются в отдельных (желательно изолированных) камерах с маслостоком. Трансформаторные помещения должны вентилироваться, для чего внизу в дверцу устраиваются отверстия (прикрытые жалюзи от попадания воды и мусора) с таким расчетом, чтобы весь трансформатор обдувался холодным воздухом (рис. 81).

Расчет вентиляционных отверстий согласно Вейкерту может быть произведен по формуле:

$$q = \frac{4(P-F)}{3600 V}$$

где q — поперечное сечение в квадратных метрах воздушного отверстия или канала; P — мощность трансформатора в kVA , F — охлаждающая поверхность потолка и стен транс. помеще-

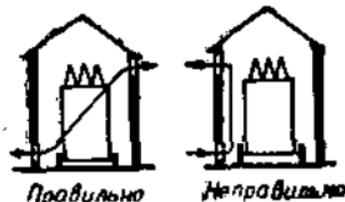


Рис. 81. Схема вентиляции.

ния в квадратных метрах, V — скорость воздуха в метрах в секунду, определяемая по разности высот h входного и выходного отверстия согласно следующей таблице:

$h = 4$	5	6	8	10	12 м
$V = 0,8$	$0,9$	$1,0$	$1,2$	$1,3$	$1,5 \text{ м/сек.}$

Если формула дает близкие к нулю или отрицательные значения (при малых трансформаторах), то это значит, что особая вентиляция излишня.

Трансформаторы специальной конструкции, приспособленные для наружной установки, могут устанавливаться непосредственно на открытом воздухе.

Трансформаторы малых мощностей (до 50 *kVA*) устанавливаются часто непосредственно на столбах.

§ 16. Защитное заземление устраивается для защиты лиц, прикасающихся с электрическим устройством, от появления опасного напряжения на частях, нормально не находящихся под напряжением.

В установках высокого напряжения следует заземлять все подобного рода металлические части, находящиеся вблизи токоведущих частей (например кожухи и станы машин и трансформаторов, вторичные обмотки измерительных трансформаторов, свинцовые оболочки и броня кабелей, рукоятки, рычаги, картеры щитов, арматура опорных и проходных изоляторов, металлические стрелочные части и пр.).

В установках низкого напряжения защитное заземление устраивается в помещениях с плохими условиями в смысле изоляции (сырость, проводящая пыль, едкие пары, проводящие пол и стены и пр.).

В качестве заземлителя (или «заземляющего электрода») применяются чаще всего железные оцинкованные трубы длиной не менее 2 м, закапываемые на расстоянии 2—3 м друг от друга; количество труб не меньше 2 (лучше 3—4), а в больших сетях должно определяться особым расчетом. Трубы устанавливаются вертикально и соединяются между собой железной лентой. Вместо труб могут применяться также листы оцинкованного железа толщиной не менее 3 мм и площадью не менее 0,5—1 кв. м. Для уменьшения сопротивления электроды засыпают поваренной солью (20—40 кг).

К электроду присоединяется заземляющая магистраль, прокладываемая вдоль всего помещения, большей частью в виде замкнутого контура, а к магистрали присоединяются параллельно ответвления к заземляемым частям.

Заземляющая проводка обычно осуществляется железным проводом (лентой) сечением 100 кв. мм, которая прокладывается на расстоянии 1—1,5 см от стены и должна быть окрашена в черный цвет с зелеными полосками.

Все соединения заземлительной проводки должны выполняться при помощи свинчивания, сварки или склепки. Соединения только спайкой оловом не допускаются.

Заземление сетей высокого и низкого напряжений выполняются отдельно, причем заземлители располагаются возможно дальше (не менее 10 м) друг от друга.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С.-Х. НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящей главе приводятся основные технические данные первичных двигателей, изготавливаемых союзными заводами и являющихся основным оборудованием для электростанций с.-х. назначения.

Материал дан для следующих типов первичных двигателей 1) тракторы¹, 2) двигатели дизеля, 3) нефтяные двигатели, 4) локомотивы.

§ 17. Характеристика тракторов, изготавливаемых союзными заводами.

Наименование двигателя	Марка	Мощность на крюке (в л. с.)	Мощность на шкиве (в л. с.)	Число оборотов в минуту шкива	Диаметр шкива (в мм)	Ширина на ободе шкива (в мм)
Трактор, изготовленный Харьковским тракторным заводом	ХТЗ	15	30	1 050	425	230
То же, изготовленный Сталинградским тракторным заводом	СТЗ	15	30	1 050	425	230
То же, изготовленный Челябинским тракторным заводом (гусеничный тип)	ЧТЗ	50	60	650	406	240
„Фордзон-Путняловец“ (больше не изготавливается)	ФП	10	20	1 000	240	165

¹ Использовать тракторы в качестве двигателя для привода динамомашин можно только в случае крайней необходимости.

§ 18. Характерные технические данные стационарных локомотивов, изготовляемых в 1933 г. Людиновским заводом в гор. Людиново

Технические данные	Число и величина доуз. сил			Число оборотов в минуту	Максимальные		Степень неравномерности	Диаметр						
	Нормальная нагрузка	Максимально-продолжительная нагрузка	Максимально-кратковременная нагрузка		Диаметр (в мм)	Ширина (в мм)		Диаметр малого диаметра	Диаметр большого диаметра	Хол. поршня (в мм)				
Марка локомотива														
Локомот. компаунд ЛМУ . . .	170	120	135	200	2400	350	1/230	210	370	400				
" " ЛМУ II . . .	145	170	190	190	2500	440	1/225	250	450	440				
" " ЛМУ III . . .	195	225	250	190	2500	440	1/200	270	490	460				
" " ЛМУ X . . .	295	330	380	180	2700	600	1/190	320	580	520				

Продолжение

Технические данные	Число действительных лоп. смл			Число оборотов в минуту	Маховик-шків		Степень неравномерности	Цилиндр		
	Нормальная нагрузка	Максимально-про- должительная на- грузка	Максимально-кратко- временная нагрузка		Диаметр (в мм)	Ширина (в мм)		Диаметр малого цилиндра	Диаметр большого цилиндра	Ход поршня (в мм)
Марка локомотива	413	500	—	187	2600	500	1/185	360	720	660
• • • • •	46	57	73	150	1700	280	—	200	—	380
• • • • •	24	29	35	160	1500	180	—	200	—	330
• • • • •										

Локомот. компаунд ЭД

• • • • • ДШ

• • • • • АУ

Продолжение

Технические данные	Поверхность нагрева (в мм ²)		Число машин	Давление пара (атм)	Приближительный расход на 1 лош. силу в ч. (кг.)			Приблизительный вес (в кг)	Цена (в рублях)
	Котла	Перегретия			Пара	Угля (750 ккал.)	Дров (350 ккал.)		
Локомотивная компаунд ЛМУ	26	27	2	13	6,0	0,84	1,8	20 000	23 800
" " ЛМУII	39	37	2	13	5,8	0,8	1,7	24 000	27 900
" " ЛМУIII	48	46	2	13	5,8	0,8	1,7	33 000	34 600
" " ЛМУX	67	47	2	13	6,3	0,88	1,9	45 000	50 000
" " ЭД	96,7	36,7	2	16	—	—	—	—	120 000
" " ДШ	29,9	—	2	11	13,9	1,95	4,2	10 500	8 722
" " АУ	15,5	—	1	11	13,9	1,95	4,2	5 300	4 263

§ 19. Характеристика двигателей, изго

*Характеристика двигателей „Дизель“ типа Зульцер, вер
завода „Русский Дизель“ (в Ленинграде). По дан*

М а р к а	Т и п				
	2RK — 80				
Мощность эф. (в л. с.)	100				
Число оборотов в минуту	300				
Число цилиндров	2				
Диаметр цилиндра (в мм)	300				
Ход поршня (в мм)	400				
Длина двигателя по валу Г (в мм)	2 250				
Ширина двигат. по раме Д (в мм)	1 300				
Высота двигателя от фундамента Е (в мм)	2 920				
Высота до подъемного крюка Ж (в мм) .	4 500				
Высота центра вала (над фундаментом) З (в мм)	400				
Размер от фундамента до стены (вдоль) И (в мм)	1 800				
Размер от фундамента до стены (поперек) К (в мм)	1 000				
Глубина фундамента (в мм)	1 860				
Ширина фундамента (в мм)	3 200				
Длина фундамента А (в мм)	3 900	3900	4105	4105	3335
При маховике и шкиве исполнение 1 . . .	Ширина обода шкива				
	400	500	610	700	
При одном маховике исполнение 2	Ширина обода маховика				
					280
Нормальный ма- ховик (входит в поставку двига- теля)	Степень неравномерности	1/140			
	Диаметр (в мм)	1 900			
	Ширина (в мм)	280			
	Маховой момент (в т)	3,15			
	Вес (в кг)	1 850			

товляемых союзными заводами.

такальных, двухтактных, бескомпрессорных, изготовления
ным Всесоюзного объединения „Союздизель“

с т а ц и о н а р н ы й

SRK — 90				4RK — 90					6RK — 90	
150				200					300	
300				300					300	
3				4					6	
300				300					800	
400				400					400	
2 900				3 440					4 760	
1 300				1 300					1 300	
2 920				2 920					2 920	
4 500				4 500					4 500	
400				400					400	
1 800				1 800					1 800	
1 000				1 000					1 000	
1 860				1 860					1 860	
3 200				3 200					2 003	
4475	4475	4680	4680	4950	4950	5155	5155	4515	от 5835 до 6425	
Ширина обода шкива				Ширина обода шкива					Ширина обода шкива	
400	500	610	700	400	600	610	700			
Ширина обода махов.				Ширина обода махов.					Шир. обода маховика	
			500				500		600	
1/150				1/160					1/250	
1 900				1 900					1 900	
280				280					280	
3,15				3,15					3,15	
1 350				1 350					1 350	

М а р к а		Т и п	
		2RK — 80	
Тяжелый маховик (поставка за доплату)	Степень неравномерности	1/200	
	Диаметр (в мм)	1 900	
	Ширина (в мм)	280	
	Маховой момент (в т)	4,45	
	Вес (в кг)	1 830	
Маховик-шкив (поставка за доплату)	Степень неравномерности	Маховиком-шкивом для двигателя 2RK-30 может служить нормальный маховик 1900 × 280 мм	
	Диаметр (в мм)		
	Ширина (в мм)		
	Маховой момент (в т)		
	Вес (в кг)		
Вес наиболее тяжелой части (в кг)	При монтаже	3 100	
	При ремонте	1 000	
Вес двигателя без маховика и установ. частей		6 100	
Выхлопная труба (внутренний диаметр (в мм)		$d = 200$	
Труба, для подвода нефти		$d_1 = 1''$	
Труба, подводящая воду (газовая)		$d_2 = 1\frac{1}{4}''$	
Труба, отводящая воду (газовая)		$d_3 = 2''$	
Объем наибольший (в куб. м)		19	
Объем наименьший (в куб. м)		13,5	
Цена (рублей)		30 000	

Примечание. Цены поставлены предварительные без монтажа, махо

Продолжение

с т а ц и о н а р н ы й

3РК — 30	4РК — 30	6РК — 30
1/215	1/230	Шкивов на 300 л. с. завод не изготавлиет
1 900	1 900	
280	280	
4,45	4,45	
1 830	1 830	
1/160	1/175	1/320
1 900	1 900	1 900
500	500	600
3,50	3,50	4,06
1 600	1 600	1 800
4 500	5 750	4 500
1 000	1 000	1 000
8 100	10 000	15 100
$d = 200$	$d = 200$	$d = 225$
$d_1 = 1''$	$d_1 = 1''$	$d_1 = 1\frac{1}{4}''$
$d_2 = 2\frac{1}{4}''$	$d_2 = 2\frac{1}{4}''$	$d_2 = 2''$
$d_3 = 2''$	$d_3 = 2''$	$d_3 = 2\frac{1}{2}''$
21,5	24	30
16	18	24
40 000	50 000	70 000

шкива, приставного вала, наружного подшипника, буксовки и запасных частей.

Характеристика двигателей „Дизель“ производства завода „Дизгатель революция“ (Горький) по данным Всесоюзного объединения „Союздизель“

№ п/п	Наименование двигателя	Тяга	Марка	Мощность в эф. лощ. сил.	Число цилиндров	Число оборотов в минуту	Диаметр цилиндра (в мм)	Ход поршня (в мм)	Основные габаритные размеры (в мм)					Мазовые				
									Расстояние от осей цилиндров до стенок картера вала	От осей цилиндров до стенок переноски вала	Высота центра вала над валом	Глубина фундамента	Стрелочная высота	Антивибр.	Среднемер. ход	Диаметр (в мм)	Мазовой расход (в г/кв. метр)	Вес (в кг)
1	Дизель бескомпрес. 4-тактный	Стадо-варный	БК-III-38	105	3	300	260	380	2700	2895	350	2300	3250	1/45	1950	2,35	1100	
2	То же	То же	БК-IV-38	140	4	300	260	380	2700	3160	350	2300	3250	1/100	1950	2,35	1100	
3	Дизель компрес. 4-тактный	То же	В4-V-66*	400	4	187	425	660	3700	4400	270	3300	5250	Длина ходит. без махов. и вал. маховая шкива выдвинутого в перед генератора				
4	То же	То же	В4-V-72*	600	4	187	500	720	4250	4750	360	3600	5470	1/250	—	66 г-ж/л то же 100 г-ж/л	—	—
5	Бескомпрессорный двигатель, вертикально-картерного типа, бескрейкопфный, четырехтактный	То же	60-Г-4	400	4	187	425	600	4600	6000	320	2800	3760	1/215	—	36,5	—	
6	То же	То же	60-Г-6	600	4	187	425	600	4600	6000	320	2800	3760	1/230	—	55	—	

Продолжение

№ п/п	Наименование двигателя	Маховики				Расход на слух-час.			Вес двигателя	Стоимость двигателя в рублях	Примечание
		Утяжеленные Поставка за особую плату				Лопочеро (в граммах)	Возм (в литрах)	Смазки (в граммах)			
		Степень изношенности	Диаметр (в мм)	Маховой момент (в тм ²)	Вес (в кг)						
1	Дизель бескомпресс. 4-тактный	1/100	2000	5,55	2,200	190	17	8	7500	25 200	Вес двигателя даны без маховика, шкива, удлинения коленчатого вала, внешнего подшипника, глушителя, нефт. баков и труфь вналадочных. Изготовление шкивов по особому заказу.
2	То же	1/250	2000	5,55	2,200	190	17	8	9500	30 915	
3	Дизель компрес. сорн. 4-тактный	Дизель изготовляется без маховика и вес маховика масса включается в мотор генератора				190	15	8	48800	81 000	
4	То же					185	14	7	66000	96 975	
5	Бескомпрессорный двигатель, вертикально-картерно-блочного типа, бескрейцкопфный, четырёхтактный					+10%					
6	То же					175	21	6	48000	120 000	
						175	21	6	80000	—	

* Двигатели марок В4-V-66 и В4-V-72 в 1984 г. будут сняты с производства и заменены соответственно марками 60-Г-4 и 60-Г-А. Стоимость двигателя 60-Г-4—120 000 руб.

Характеристика вертикальных бескомпрессорных двигателей Дизеля
системы Дйтш

Марка двигателя	Мощность (в кош. сил.)	Число оборотов в минуту	Число цилиндров	Степень неравномерности маховика		Вес двигателя без маховика и шкива (кг)
				нормального для промышленных целей	утяжеленные для освещения	
РМЕ-130	20/25	340/430	1	$\frac{1}{35} / \frac{1}{60}$	$\frac{1}{65} / \frac{1}{105}$	1375
РМЕ-130	40/50	340/430	2	$\frac{1}{65} / \frac{1}{140}$	$\frac{1}{120} / \frac{1}{260}$	2170

Продолжение

Марка двигателя	Вес маховика		Вес нормально-го шкива	Размеры маховика		Размеры нормального шкива	Число фундаментных болтов
	нормальный (в кг)	утяжеленный (в кг)		нормального	утяжеленного		
РМЕ-130	410	770	65	1200×140	1200×250	600×310	4
РМЕ-130	410	770	100	1200×140	1200×250	800×320	6

Расход топлива тепловодной спелности 10000 кал/г, при полной нагрузке — 190 г/смл.-час.

• смазки при использовании отработанного масла 8 г/смл.-час.
 • воды при темп. вх.од. воды 10°C и вых.од. 90°C 15—20 л/смл.-час.

§ 10. Характеристика нефтяных (стационарных и передвижных) выцу

Характеристика	Единица измерения	Наиме	
		Первомайский им. 25 Октября	
		Тип	
		М о	
		60 НР	75 НР
Число цилиндров	—	1	1
Диаметр цилиндра	мм	410	410
Ход поршня	"	420	490
Число оборот. в мин.	"	230	230
Диаметр маховика	"	2 300	2 300
Ширина оологна маховика	"	250	250
Степень неравномерности	"	1/60	1/60
Диам. раб. шкива	"	750	1 200
Ширина	"	350	400
Расход топлива	грамм	320	320
" смазки	"	8	8
" воды	литр.	12	12
Допуск. длительная перегрузка	%	10%	10%
" кратковрем.	%	20%	20%
Труба для выхода газов	дюйм.	—	—
" соединения с баком	"	—	3/8"
Вес двигателя около	кг	7 100	7 300
Габарит: ширина	мм	2 300	—
высота	"	1 870	—
длина	"	3 115	—
Стоимость двигателя (без запасн. частей)	руб.	5 700	6 300

двигателей внутреннего сгорания
съемных заводами „Союздизель“ в 1933 г.

НОВАКИЕ ЗАВОДА

З-д „Коммунист“
(б. Возрождение)

Завод „Красный прогресс“

Завод им.
Дзержинского

Д В И Г А Т Е Л Я

Стационарн.
и передвиж.
вертикальн.Агрегат с 5/7
центробежным
насосомСтацио-
нарн. и
передвиж.
вертикальн.Стацио-
нарн. и
передвиж.
вертикальн.Стацио-
нарн. и
передвиж.
вертикальн.Тормозной
стационарный

Ш Н О С Т Ь

12 HP

12 HP

12 HP

18 HP

18 HP
новой
конотрубки.40 HP
марки РД

1

1

1

1

1

1

180

180

200

225

225

320

180

180

240

265

265

500

650

650

325

300

500

225

625

625

1 140

1 140

935

—

120

120

110

110

104

—

1/50

1/50

1/30

1/35

1/64

1/70

334

—

475

510

510

1 000

255

—

194

214

214

430

270—300

—

—

—

—

300

до 18

—

—

—

—

15

22 в/ч

—

—

—

—

—

1/10

2 час.

—

—

—

10%

10 мин.

2 час.

—

—

—

20%

4"

4"

—

—

—

4 1/2"

3 1/4"

3 1/4"

—

—

—

1 1/2"

710

1 125

980

1 550

1 100

4 450

710

1 250

1 175

1 345

1 447

2 610

1 200

1 255

1 585

1 570

1 420

2 200

870

1 515

1 830

1 930

1 680

3 720

1 355 ст.

2-520

1 200 ст.

1 800 ст.

1 800 ст.

7 600

1 760 пер.

1 400 пер.

2 150 пер.

2 150 пер.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ

§ 1. Принципы расчета. Каждая электрическая сеть рассчитывается на определенную мощность и должна передавать ее потребителю, не нагреваясь до опасных пределов и не создавая у потребителя недопустимых для ламп и моторов колебаний напряжения. Поэтому каждая сеть должна быть рассчитана:

а) на падение напряжения, б) на нагрев проводов.

§ 2. Расчет на падение напряжения.

1) Линия с постоянным по длине сечением q кв. мм и длиной L м, нагруженная на конце сосредоточенной нагрузкой P квт. (или I амп) (рис. 82а).

а) Для постоянного тока и двухпроводной системы переменного тока падение напряжения в обоих проводах, в вольтах, определяется по формуле:

$$p = \frac{2 LP 1000}{\sigma U q}$$

где σ — удельная проводимость материала проводника, равная для меди — 57, для алюминия — 34, P — передаваемая мощность в квт., U — напряжение в вольтах.

Если падение напряжения задано, то сечение определится по формуле:

$$q = \frac{2 LP 1000}{\sigma p U}$$

б) Для трехфазного тока (низкого напряжения) падение напряжения между фазами в вольтах

$$p = \frac{LP 1000}{\sigma q U}$$

сечение провода

$$q = \frac{LP 1000}{\sigma p U}$$

2) Линия постоянного сечения q , длиной L , но имеющая ряд сосредоточенных нагрузок P_1, P_2 , отстоящих от начала линии соответственно на L_1, L_2 (рис. 82б), рассчитывается по тем же формулам, но вместо произведения LP подставляется сумма произведений:

$$\sum LP = P_1 L_1 + P_2 L_2 + \dots$$

так например сечение провода для трехфазного тока определяется по формуле:

$$q = \frac{1000 \cdot \Sigma LP}{\sigma \rho V}$$

3) Если к линии по всей или части ее длины присоединено более или менее равномерно большое количество мелких потребителей (например ряд дворов вдоль улицы селения), то можно считать нагрузку равномерно распределенной на этом участке (рис. 82в).

Для расчета на падение напряжения равномерно распределенная нагрузка заменяется сосредоточенной нагрузкой, которая по величине равна распределенной нагрузке (сумме всех ее отдельных слагаемых) и приложена в середине того участка, на котором распределена равномерная нагрузка.

4) Если линия состоит из проводов нескольких сечений, то каждый участок с постоянным по длине сечением рассчитывается согласно вышеизложенному, а затем падения напряжения складываются.

5) Расчет на падение напряжения линий трехфазного тока при значительном расстоянии между проводами производится с учетом влияния самоиндукции проводов. Для линий с медными и алюминиевыми проводами при напряжениях до 6 кV расчет может быть произведен по формуле:

$$p = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cos \varphi + x \sin \varphi) \cdot L,$$

где E — падение напряжения между фазами в вольтах; I — сила тока в проводе, R — омическое сопротивление 1 км провода; x — индуктивное сопротивление 1 км провода; φ — фазовый угол в линии передачи, L — длина линии в км.

Омическое сопротивление 1 км линии определяется по формуле:

$$\text{для меди } R = \frac{17,5}{q} \text{ ом, для алюминия } R = \frac{29}{q} \text{ ом.}$$

Индуктивное сопротивление 1 км линии определяется по формуле:

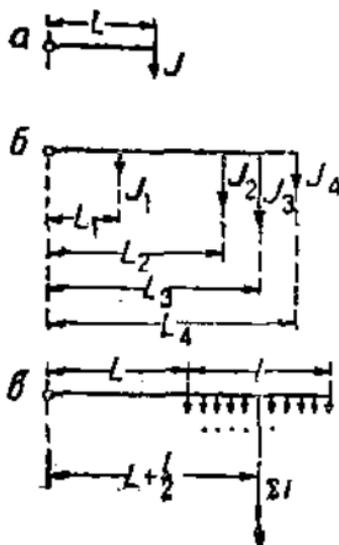


рис. 82. Схемы линий с различной нагрузкой

Допускаемая сила тока в проводах и кабелях (в амперах)

Сечение мм ²	Голые провода			Изолиров. провода и кабели с резинов. изоляц.			Подземные кабели медные с бумажной изоляцией											
	в закр. помещ.	на открытом воздухе		наибольшая сила тока	номинал. сила тока предохр.		одно- жильн. до 1000 в.	двух- жильн. до 1000 в.	третьюжильные									
		медь	алюминий		медь	алюм.			до 1000 в.	до 3000 в.	до 6000 в.	до 10000 в.						
			медь										железо	медь	алюм.			
0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	30	46	35	16	20	25	20	15	10	15	20	25	20	105	79	69	52	52
6	38	60	45	20	31	24	25	20	15	15	20	25	20	137	104	92	67	67
10	50	86	65	30	43	34	35	25	15	15	20	25	20	175	140	120	89	84
16	66	118	90	40	75	60	60	35	15	15	20	25	20	235	185	160	112	109
25	86	162	125	55	100	80	80	60	10	10	15	20	20	340	235	190	155	142
35	105	206	155	72	125	100	100	80	6	6	10	15	15	440	285	230	175	170
50	131	266	205	95	160	125	125	100	6	6	10	15	15	570	357	268	215	210
70	162	340	260	120	200	155	160	125	6	6	10	15	15	787	440	327	260	260
95	196	420	320	150	240	190	200	160	6	6	10	15	15	930	520	380	300	315
120	—	—	—	—	280	220	225	200	—	—	—	—	—	1080	595	435	380	360
150	—	—	—	—	325	255	260	225	—	—	—	—	—	1230	675	498	430	415
185	—	—	—	—	380	—	300	300	—	—	—	—	—	1380	755	555	490	470
240	—	—	—	—	450	—	360	360	—	—	—	—	—	1680	880	630	570	545

Примечания. 1. Допускаемая нагрузка для подземных кабелей предусматривает укладку на глубине 70 см одного кабеля; при прокладке совместно нескольких кабелей допустимая нагрузка понижается: при 2 кабелях — на 10%, при 4 — на 20%, при 6 — на 25% и при 8 — на 30% (без учета резервных кабелей). При прокладке в трубах, на открытом воздухе по стенам или в каналах, в сухих и песчаных почвах, нагрузку следует сверху того еще снизить на 25%.

2. Для подземных кабелей таблица предусматривает работу, с замкнутой нейтралью. Если нейтраль не замкнута, следует брать нагрузку для следующего по таблице большего напряжения.

3. Нагрузка одножильных подземных кабелей дана только для постоянного тока.

$$x = 0,314 \cdot (0,46 \lg \frac{D}{r} + 0,05) 10^{-8} \text{ ом,}$$

где r — радиус провода в сантиметрах; D — расстояние между проводами в сантиметрах (средне геометрическое расстояние).

§ 3. Железные провода применяются преимущественно в линиях высокого напряжения при небольших силах тока, в сетях низкого напряжения лишь для очень коротких ответвлений.

Падение напряжения в проводе зависит здесь от силы тока и с достаточной точностью может быть определено на основании следующей таблицы, дающей значение падения напряжения в вольтах на 1 км трехфазной линии при 60 пер/сек.

Диаметр провода (в мм)	Сила тока (в амп.)											
	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	10	16	20	25
3,5	11,0	23,5	31,1	58,6	10,3	153	214	280	483	625	—	—
4	8,5	18,3	30,4	44,3	81,2	120,5	169	217	403	573	—	—
5	—	—	20	31,7	60,5	95	137	185	335	465	573	—
6	—	—	—	28,7	56,2	79,6	115	146,5	269	392	513	617

§ 4. Проверка на нагрев. Помимо расчета на падение напряжения каждая линия проверяется на нагревание проводов. При этом максимальная сила тока в изолированных и голых проводах и опвнцованных кабелях не должна превышать значений, указанных в таблице.

ОТДЕЛ ДЕВЯТЫЙ СВЕТОТЕХНИКА

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

§ 1. Световой поток (F) — мощность световой энергии или лучистая энергия, оцениваемая по зрительному ощущению. Единицу светового потока называют «люмен» (лм).

§ 2. Освещенность (E) — поверхностная плотность светового потока. Единица освещенности называется «люксом» (лк).

§ 3. Сила света (I) — плотность светового потока в пространстве, определяет силу света — I . Единицей силы света считается международная свеча (см).

§ 4. Яркость (B) — отношение величины силы света к величине видимой поверхности источника. Единица яркости называется «стильбом» (об).

Обозначения и отношения основных световых единиц

Величины	Обознач.	Уравнения
Световой поток	F	$F = I \omega$
Освещенность	E	$E = \frac{F}{S}$
Сила света	I	$I = \frac{F}{\omega}$
Яркость	B	$B = \frac{I}{S}$
Площадь	S	—
Расстояние	l	—
Телесный угол	ω	—

ГЛАВА ВТОРАЯ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОСВЕЩЕННОСТИ

Способы предварительного определения освещенности могут быть двоякого рода: теоретический подсчет и опытная установка с проверкой люксометром.

§ 5. Теоретический подсчет. Наиболее распространенными являются два метода:

а) Метод светового потока или коэффициента использования — дает возможность определить среднюю освещенность при заданном световом потоке (количество ламп и их мощность) или наоборот, задавшись средней мощностью определить необходимый световой поток по общей формуле:

$$E_{\text{ср}} = \frac{F \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K}$$

где E — освещенность в люксах, F — световой поток одной лампы в люменах, N — количество ламп, η — коэффициент использования светового потока, зависящий от типа арматуры и состояния стен и потолков. S — площадь освещенной поверхности в кв. метр. K — коэф. запаса, учитывающий степень загрязнения светильника, потемнение лампы по мере приближения к концу срока службы и др. Коэффициент η (в процентах) может быть взят из нижеследующих приближенных значений.

Приближенные значения коэффициента η

Прямое и полустраженное освещение

Окраска стен	Окраска потолка	Светлая	Средняя	Темная
Светлая	—	50	45	40
Средняя	—	45	40	35
Темная	—	40	35	30

или же по показателям помещений, которые определяются следующим путем.

Находят значения

$$S_a = \frac{a}{2h}$$

и

$$S_b = \frac{b}{2h}$$

где h — высота подвеса арматуры над освещ. поверхностью, a — длина помещения, b — ширина помещения. По этим показателям (см. ниже) находят коэффициенты использования для двух сторон прямоугольного помещения, b — для ширины и a — для длины, которые подставляются в общую формулу для получения общего коэффициента использования:

$$\eta = \eta_b + \frac{1}{2} (\eta_a - \eta_b);$$

б) Точечный метод. Точечный метод, основанный на законе уменьшения освещенности, дает возможность проверить осве-

щенность в любой точке помещения, если выбраны и намечены точки подвеса светильников (арматура и лампы). Ввиду сложности этого метода изложение его опускаем (см. соответствующую литературу).

в) Способ опытной установки. Оборудовать пробную установку в соответствующих условиях, для чего нужно путем предварительного подсчета и выяснения ряда условий ориентировочно определить количество и тип светильников, мощность ламп и точки подвеса, а затем путем непосредственных наблюдений и измерений люксметром уточнить как требуемую мощность ламп, так и остальные моменты для получения необходимой освещенности.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИЦЕЛНЫХ С.-Х. ОРУДИЙ И ТРАКТОРОВ. (Разработана светотехнической секцией ВИАСХа в 1932 г.).

§ 6. Система характеризуется следующими моментами:

1. Номинальное напряжение источников света — 6 В.
2. Одноконтактность всей системы (от генератора до источников потребления).

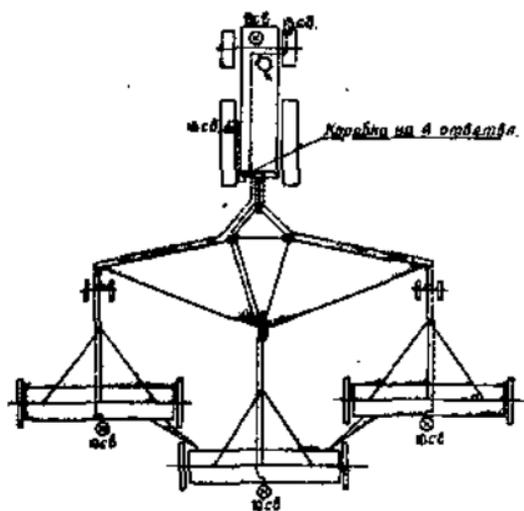


Рис. 83. Схема размещения фаз, арматур и распределительного устройства при работе трактора с 3-мя селами.

3. Параллельное включение источников питания (светильников).

4. Проводка как на тракторе, так и к прицепным орудиям осуществляется однородным гибким проводом марки ПАП сечением — 2,5 мм².

5. Провода изготовляются стандартными кусками длиной по 3 и 5 м, причем на одном конце каждого куска припаяна вилка, а на другом соответствующей формы и размеров гнездо. Совокупность вилки одного куска и гнезда другого составляет пружинящую муфту (контакт).

6. Проводка на тракторе (от генератора до коробки ответвления) укрепляется жестко скобками, а провода к прицепным ору-

дням прокладываются сквозь железные кольца, ввинчиваемые своими отростками в тела сцепки и рамы до ящика сеялки, где вторично укрепляются скобками.

7. Обратным проводом служит наружная панцирная железная оцинкованная оплетка провода, а также металлическая масса по всей системе (трактор, сцепка, рама, орудие и т. д.).

8. Мощность включаемых ламп (одноконтактные «Сван-Я-ый») установлены:

а) для передней и задней фары на тракторе, на комбайне и др. — 15 св.;

б) для сеялок и уборочных и др. — 10 св.;

в) для контрольной на самом тракторе — 5 св.

9. На задней площадке трактора устанавливается ответвительная коробка на 4—6 гнезд, подобных гнездам на концах проводов для контакта с вилками отходящих к источникам света проводов.

10. На тракторе устанавливаются два кронштейна для фар один впереди с правой стороны радиатора, а другой в центре левого крыла. Конструкция кронштейна предусматривает возможность наклона, поворота и закрепления фары в любом направлении.

11. На прицепных орудиях (сеялки и др.) устанавливаются специальной конструкции кронштейны для подвешивания рефлекторных арматурок «Альфа малая», причем предусмотрена возможность поворота и подъема светильника над рабочей поверхностью, а также возможность снятия арматуры для удобного осмотра любой детали орудия.

12. На тракторах средней мощности СТЗ и ХТЗ устанавливается генератор постоянного тока типа ГБТ с регулятором напряжения в 6,7 В, мощностью в 70—75 Вт, а для более мощных тракторов типа ЧТЗ — в 105 Вт.

13. На тракторе «Фордзон» энергия получается путем трансформирования части электрического тока от магнето, напряжение которого равно около 24 В, посредством включения в сеть автотрансформаторной ответвительной коробки системы ВИЭСХа (устанавливаемой позади трактора в ящике под рулем, предназначенном для инструмента). Коэффициент трансформации 3,48. Таким образом получается пониженное, соответствующее стандартному, напряжение — 6,7 В. Проводка тока к автотрансформатору (на «Фордзоне») производится путем соединения одним проводом клеммы магнето с наружной клеммой автотрансформаторной коробки. Обратным проводом служит и в данном случае железная масса трактора.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СКОТНЫХ ДВОРОВ И СВИНАРНИКОВ. (Разработана светотехнической секцией ВИСХА)

§ 7. Скотные дворы (рис. 84 и 85). Светильники — герметическая фарфоровая арматура с лампами по 40 W, размещаются в двух рядах в шахматном порядке по осям сточных канавок на

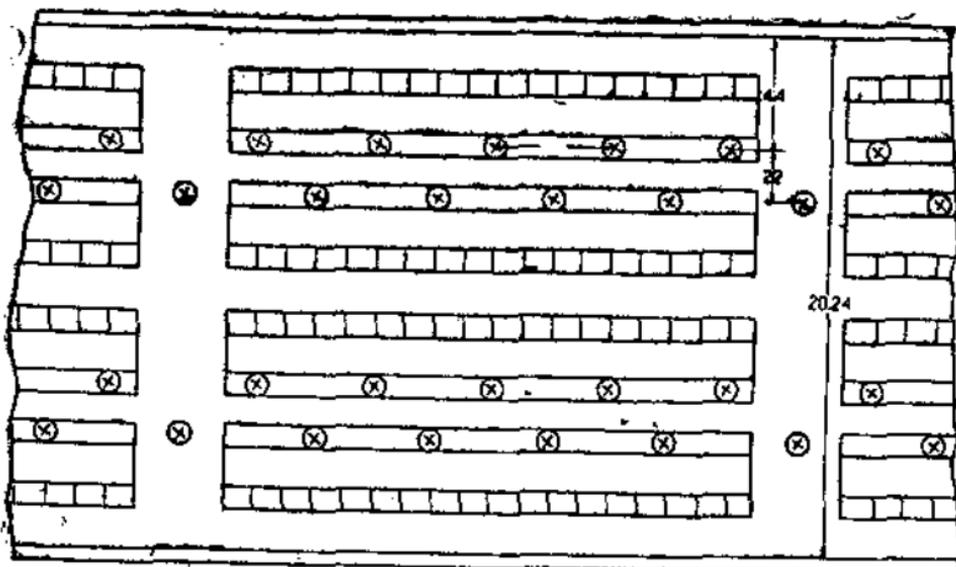


Рис 84. Размещение светильников в четырехрядном скотном дворе.

расстоянии 4,8 м между лампами (если ширина стойла — 1,2 м). Высота подвеса зависит от размера помещения: при нормальной высоте от пола до потолка или поперечных балок в 3 м рациональной высотой подвеса (считая от центра нити накала до пола) будет 2,5 м.

Преимущества размещения светильников по этой системе:

- 1) приближение источников света к наиболее существенным рабочим поверхностям: вымя коровы, навозные проходы, стойла, кормушки и т. д.;
- 2) обеспечение всех необходимых минимальных освещенностей на существенных рабочих поверхностях (см. табл. § 1);
- 3) наиболее производительная утилизация светового потока при улучшении в значительной степени неравномерности освещения как в отношении каждой рабочей поверхности, так и в эт-

поверхности всего помещения — степень неравномерности освещения вымени коров

$$\sigma = \frac{E_{\text{мин.}}}{E_{\text{макс.}}} = 0,80;$$

4) наименьшая из всех известных вариантов размещения светильников мощность на одну голову скота, а именно 10 W (не считая вспомогательных помещений и поперечных коридоров).

Проводка осуществляется проводом марки ЛВМ сечением 1,5 кв. мм на якорях и изоляторах внутри помещения. В случае возможности прокладки проводов по чердаку светильники подвешиваются ближе к потолку, а зарядка арматуры осуществляется проводом ПРН в эбонитовых трубках с заливкой чаттереном.

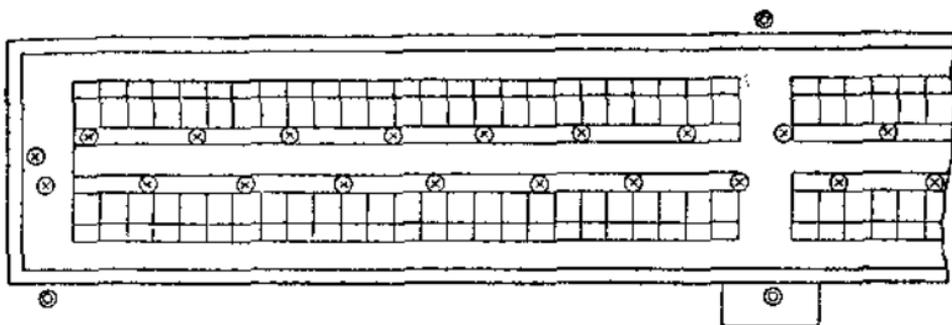


Рис. 85. Размещение светильников в двухрядном скотном дворе.

Выключатели и предохранители вместе с герметическими групповыми щитками устанавливаются вне рабочего помещения, в смежном (общем) коридоре.

Сеть разбивается на группы — не более 12 ламп в каждой группе. Около 30% ламп, равномерно распределенных по всему скотному двору, выделяются в отдельные группы, дабы иметь возможность в вечерние и ночные часы во время перерывов дойки иметь все же достаточную освещенность для выполнения работ по уборке и наблюдению за скотом в помещениях.

§ 8. Свилярники (рис. 86). Светильники — герметическая фарфоровая арматура с лампами по 25 W — размещаются в шахматном порядке при нормальном типе постройки (два ряда станков по сторонам, а по середине — общий коридор) над пересечением стенок от станков и коридора через станок. Такая система значительно смягчает тени, образующиеся от жердей, ограждающих станки. Расстояние между светильниками — 4—4,5 м.

При типе построек, где станки находятся только на одной стороне, светильники подвешиваются: один ряд — над общей стен-

кой, а другой — по середине станков, также соблюдая шахматный порядок.

В связи с неиспользованием чердаков в свинарниках для каких-либо целей обязательно рекомендуется осуществлять проводку по чердаку со спусками сквозь потолок в эбонитовых трубках с заливкой чаттертоном концов к герметической арматуре, которая подвешивается у самого потолка. Марка провода рекомендуется ПВМ сечением 1,5 кв. мм. Управление и предохранительные приборы должны находиться обязательно в общем коридоре или другом смежном помещении, но ни коим образом внутри свинарника.

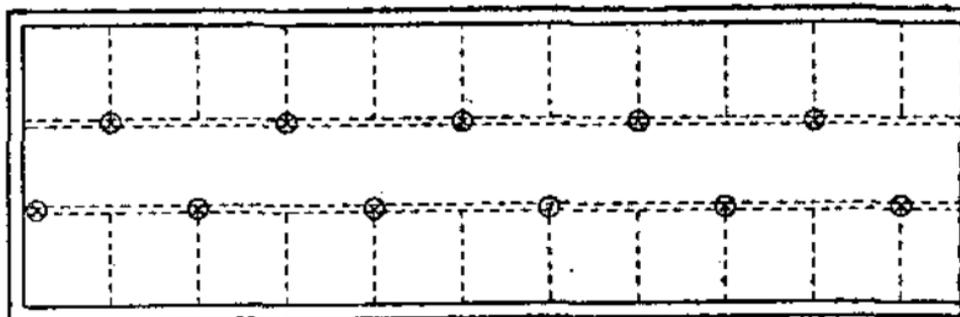


Рис. 86. Размещение светильников в свинарнике с двухрядными станками.

Что касается ухода за осветительной установкой в скотных дворах и свинарниках, то таковой помимо общих правил требует особых мероприятий, а именно:

1) промывать защитные стекла герметической арматуры и вытирать тряпкой рефлекторы не реже чем один раз в две недели;

2) заменять лампы новыми по истечении срока службы — 1000 часов горения, даже если они не перегорели;

3) покрывать лаком эбонитовые трубки и чугунные части приборов не реже двух раз в году;

4) проверять места заливки чаттертоном три раза в год и вновь заливать в случае обнаружения повреждения;

5) побелить известью стены и потолок, а также другие части внутри скотных дворов и свинарников каждые три месяца;

6) покрывать суриком провода ПВМ не реже одного раза в год.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ДОБАВОЧНЫЙ СВЕТ ДЛЯ РАСТЕНИЙ В ТЕПЛИЦАХ

Ряд исследований и лабораторных работ доказал, что выгонка рассады и дальнейшее выращивание овощей могут с успехом происходить при полном отсутствии или при недостаточном зимнем и осеннем солнечном свете, если растения будут освещаться искусственным светом достаточной интенсивности, в частности от мощных газополных ламп накаливания.

Зимой в 1933 г. была по проекту светотехнической секции и под руководством отдела светокультуры ВИЭСХа осуществлена установка

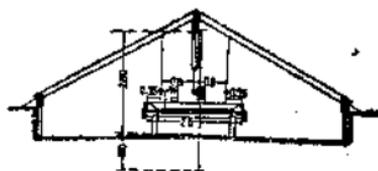
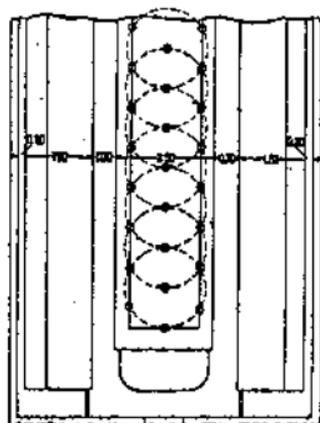


Рис. 87. Размещение светильников над стеллажами в теплицах.

дополнительного света на площади в 80 кв. м. в теплице одного из подмосковных совхозов. Эта установка эксплуатировалась всего в течение одного месяца (январь). Результаты, приведенные в нижеследующей таблице (см. стр. 164), наглядно показывают несомненную рентабельность этого оборудования.

Средняя освещенность растений 5 000—6 000 люксов на 80% полезной площади теплицы. Напряжение у источников света в целях использования наиболее выгодной отдачи светового потока (на 15%) принято 120 вольт.

Светильниками служат арматура «Универсаль» без затенителя с газополной лампой в 500 ватт. Расстояние между светильниками — 1 м. Высота подвеса ламп в начале роста в пределах 0,35—0,5 м от уровня почвы. Ориентировочная стоимость одного присоединенного KW 50—40 рублей, а оборудование одного квадратного метра полезной площади теплицы — до 25—20 рублей. Вся теплота, выделяемая лампами, используется для подогрева теплицы.

Установленная мощность (силовая установка или трансформаторная подстанция) может быть ограничена 50% от мощности всех присоединенных ламп, так как теплицы (или части их) могут освещаться поочередно по 12 часов в сутки, что является максимальным для таких культур, как огурцы и томаты.

Показатели по выголке овощей в теплицах в зимние месяцы с добавочным электросветом

Срок выполнения		Качество рассады		Срок выхода продукции		Потребн. мощн. для добавочн. света		Расход энергии при горении 13 час. в сутки на одно растение	Стоимость при тарифе 5 коп. кВт/час на одно растение
С добавочным светом	Без добавочного света	С добавочным светом	Без добавочного света	С добавочным светом	Без добавочного света	На 1 кв. м	На 1 растение		
Один месяц I I 1/II	Два месяца I I — 1/III	Соответственно	Непригодна	Огурцы: 15/II 1/IV Томаты: 1/V 1/VI		500 ватт	5 ватт	2 квт. час.	10 коп.

Сеть разбивается на группы по 12—15 светильников.

Нагрузка распределяется равномерно по фазам.

Подводка тока производится к центру нагрузки, что сокращает нагрузку внутренних проводов, а следовательно и сечение их на 50%.

Проводка внутри теплиц осуществляется на якорях и крюках проводом марки «ПВМ» (применяется в помещениях сырых и содержащих аммиачные и другие пары).

Арматура подвешивается свободно на крюках, а светильники присоединяются к сети через штепсельные розетки и вилки, чем достигается возможность перемещения и снятия светильников в периоды отсутствия надобности в искусственном освещении.

Конструкция разработанной инженером И. Финкельштейном осветительной для теплиц установки предусматривает автоматическое поступательно-возвратное передвижение всей системы светильников, чем достигается ряд улучшений в работе, как например максимально возможная равномерность освещенности, устранение вредного явления — так назыв. «слепящего» действия на растения при мгновенном включении и выключении ламп и др.

§ 1. Нормы освещенности скотных дворов

№ по пор.	Рабочее место и работа	В горизонтальном направлении	В вертикальном направлении	Примечание
1	Навозный проход			
	Уборка, вывозка навоза, прочистка канав для навозной жижи, доставка подстилки, посыпка песком и др.	6	—	Относя измерение к навозной сточной канавке на дне ее
2	Вымя коровы			Центр вымени—ось коровы 0,4 м от края стойла на высоте 0,75 м от пола
	Чистка, мочка и сушка его, массаж, осмотр медицинским персоналом и главным образом дойка . . .	—	3,5	
3	Стойло			
	Удаление грязной подстилки и распределение чистой	5,5	—	
4	Спина коровы			
	Работа со скребницей и щеткой, мойка	2,5	—	
5	Кормушка			Затенения допускаются не более 10% от всей площади. Точка измерения—центр кормушки на дне
	Тщательная мойка, пойка коров, контроль за чистотой корма	3	—	На высоте 0,25 м от пола
6	Кормовой проход			
	Уборка, раздача норм, чтение паспортов коровы и др.	2,5	—	
7	Паспортные дощечки . . .	—	4	
8	Освещение в ночные часы			
	Работа: уборка навозных проходов, уборка стойл, коров, уборка кормушек до утренней дойки . . .	1,5	—	
9	Вспомогательные помещения:			
	а) Молокосборочная . . .	25	—	} Ориентировочно
	б) Дежурная	20	—	
	в) Кормовая	10	—	

§ 2. Нормы освещенности свиарников

№ по пор.	Рабочее место и работа	В горизонтальном направлении	В вертикальном направлении	Примечание
1	Свиарники для хряков Наблюдение за качеством корма, мытье корыт, замена и распределение подстилки, наблюдение за состоянием свиней, уборка станков	3,5	—	Нормируется освещенность внутри станка на середине на расстоянии 0,5 м от стенки
2	Свиарник для маток Те же работы	3,5	—	
3	Свиарники для молодняка	3,0	—	
4	Коридоры			На полу вдоль оси прохода
	а) В тех, где отсутствуют канавки для стока навозной жижи	3,0	—	
	б) В тех же корид., где имеются по бокам канавки	4,0	—	На дне канавки

§ 3. Нормы освещенности открытых пространств

№ по пор.	Характеристика освещаемых мест	Наименьшие освещенности в люксах	
		На горизонтальной площади	На вертикальной площади
1	Строительные и ремонтные работы и др.	8,0	15,0
2	Земляные работы, каменоломни, складские дворы с погрузкой материалов, фабрично-заводские дворы и т. д.	2,0	5,0
3	Фабричные, заводские и складские большие территории	0,2	0,5
4	Охранное освещение складов	—	1,5

§ 4. Нормы освещенности с.-х. работ

№ по пор.	Место работы	Минимальная освещенность	
		Вертикальное направление	Горизонтальное направление
1	Работа трактора на крюке:		
	а) На протяжении 2 м перед колесом трактора по следу маркера (при севе)	—	2 люкса
	в) В зоне захвата прицепных орудий на 10 м впереди трактора	0,2	—
	с) На прицепных орудиях	5,0	3
2	Работа трактора на шкиве (стационарная работа с.-х. машин)	10,0	5
3	Транспортеры и элеваторы	5,0	2

§ 5. Нормы освещенности механических мастерских

№ по пор.	Наименование помещений или оборудования	Грубая работа	Средняя работа	Тонкая работа
		Л ю к с ы		
1	Кузницы	30	45	—
2	Сварочные мастерские, сварочные аппараты	—	45	—
3	Клепальные работы	30	45	60
4	Работа на прессах	30	45	60
5	Кровельные и жестяные	30	45	60
6	Слесарные	45	60	75
7	Токарные	40	60	75
8	Полировочные	45	60	75
9	Шлифовочные	60	75	100
10	Склады инструмента	—	30	—
11	Контроль и браковка	—	100	150

Примечание При освещенностях свыше 40 люксов в зависимости от условий работы следует давать общее освещение в 10 люксов с давлением в месте его освещения при помощи вращающихся бара с рефлекторными талл «Альф»»

§ 6. Нормы освещенности деревообделочных мастерских и работ

№ по пор.	Наименование помещения или оборудования	Грубая работа	Средняя работа	Тонкая работа
		Л ю к с ы		
1	Распиловка и колка дров	30	—	—
2	Распиловка дров на циркулярных пилах	—	50	—
3	Колка дров механическими колунами	30	—	—
4	Распиловка лесных материалов на лесопильных рамах	—	50	—
5	Изготовление фанеры, склейка	—	50	—
6	Плотницкие работы	50	—	—
7	Столярные	—	60	—
8	Краснодеревянные	—	—	75
9	Сушилки лесных материалов	15	—	—

§ 7. Нормы освещенности автотракторных помещений

№ по пор.	Наименование помещения или оборудования	Средняя освещенность в люксах
1	Стоянка машин	15
2	Склады крупных частей	15
3	„ мелких „	30
4	Ремонт, мытье и пр.	50

§ 8. Нормативы нагрузок для освещения построек в совхозах (составлены на основании выполненных проектов Союзсельэлектро для совхозов Зернотреста и др. в 1931—1932 гг.)

№ по пор.	Наименование построек	Присоединен. мощности на 1 кв. м полезной площади ватт
1	Конторы	8,4
2	Ремонтные мастерские	10,1
3	Литейные мастерские	9,6
4	Электрические станции малой мощности	10,9
5	Инкубатории	8,8
6	Лаборатории	10,0
7	Автогараж	5,6
8	Тракторный сарай	2,2
9	Сарай для комбайнов	2,0
10	Навес для с.-х. инвентаря	1,5
11	Пожарный сарай	8,5
12	Склады снабжения	4,2
13	Продуктовые склады	3,7
14	Зернохранилища	2,8
15	Овощехранилища	3,9
16	Ледники	4,9
17	Сарай овощной	2,9
18	Коровники	2,9
19	Конюшни	7,5
20	Столовые	10,0
21	Хлебопекарни	12,0
22	Кооперативы	8,0
23	Бани	8,3
24	Школы	9,8
25	Ясли	8,7
26	Больницы	14,3
27	Амбулатории	11,5
28	Общежития	6,2
29	Баракы	6,2
30	Жилые дома	5,9

§ 9. Световые и электрические характеристики ламп накаливания 110—120—127 В

Номинальные значения					Срок службы (часы)	Предельное значение внешнего светового потока в конце срока службы (в процентах)
Мощность Вт.	Световой поток лм.	Световая отдача лм/Вт	Сила света (свечей)	Удельная мощность Вт/св.		
15	— 124	8,25	9,9	1,52	1 000	20
25	— 225	9,00	17,9	1,40	1 000	20
40	— 380	9,50	30,3	1,32	1 000	20
60	— 645	10,75	51,5	1,16	1 000	20
180	1 275	12,75	101,0	0,99	1 000	20
150	2 175	14,50	174,0	0,86	1 000	20
200	3 050	15,25	248,0	0,82	1 000	20
300	4 865	16,25	389,0	0,77	1 000	20
400	6 760	16,90	538,0	0,74	1 000	20
500	8 775	17,45	695,0	0,72	1 000	20
750	13 690	18,25	1 090,0	0,69	1 000	20
1 000	19 000	19,00	1 515,0	0,66	1 000	20

§ 10. Световые и электрические характеристики ламп накаливания 220 В

Номинальные значения					Срок службы (часы)	Предельное значение внешнего светового потока в конце срока службы (в процентах)
Мощность Вт	Световой поток лм	Световая отдача лм/Вт	Сила света (св. чей)	Удельная мощность Вт/св.		
25	191	7,65	15,2	1,64	1 000	20
40	336	8,40	26,8	1,54	1 000	20
60	540	9,00	43,1	1,38	1 000	20
100	1 000	10,00	80,5	1,25	1 000	20
150	1 710	11,41	136,0	1,10	1 000	20
200	2 510	12,50	200,0	1,00	1 000	20
300	4 100	13,65	396,0	0,92	1 000	20
400	5 760	15,40	458,0	0,87	1 000	20
500	7 560	15,10	602,0	0,83	1 000	20
750	12 230	16,31	975,0	0,77	1 000	20
1 000	17 200	17,20	1 370,0	0,73	1 000	20

§ 11. Размеры ламп накаливания

Номинальное напряжение V	Номинальная мощность W	Диаметр колбы (мм)	Полная длина лампы (мм)	Высота светового центра (мм)		
110/120 и 220/240	15	55	90	63		
	25	60	95	65		
	40	}	65	115	83	
	60		125	93		
	100	75	155	1'8		
	150	80	170	130		
	250	95	205	158		
	300	110	240	}	185	
	400	}	130			250
	500					
	750					
1000	}	165	335	253		

§ 12. Средние значения коэффициента поглощения в процентах для различных сортов стекла

$$\text{Коэффициент поглощения} = \frac{\text{световой поток, поглощенный данной средой}}{\text{световой, входящий в данную среду}}$$

Прозрачное стекло	5—10
Опаловое и матовое стекло	10—20
Прозрачное	15—30
Молочное	20—35

§ 13. Среднее значение коэффициента отражения в процентах для некоторых поверхностей

$$\text{Коэффициент отражения} = \frac{\text{световой поток отражения}}{\text{световой поток падающий}}$$

Черный бархат	0,4	Коричневые стены	16
Коричневые обои	13,0	Темнокрасные стены	16
Синие	25,0	Темнозеленые	16—21
Желтые	40,0	Темносерые	20—42
Белая писчая бумага	70	Светлозеленые	38—50
Светлое дерево и покрытие лаком	30—40	Голубые	36—52
Натуральное коричневое дерево	15—25	Светлосиние	36—52
Отделка дерева	40—50	Светлосерые	55—70
Зеленая трава	10—15	Желтые	69—77
		Чисто выбеленные стены	84
		Лаковые краски	53—76

§ 14. Светильник фарфоровый герметический с прозрачным стеклом

Коэффициент отраж.	Потолок		10		30		50		70			
	10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70
В %	10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70

Индекс помещения

Коэффициенты использования в %

0,50	13	15	19	24	13	15	19	26	13	16	21	28	14	17	22	30
0,60	17	19	23	29	18	20	24	31	18	21	26	33	18	21	22	35
0,70	20	23	27	33	22	24	28	35	22	24	30	37	22	25	31	39
0,80	23	25	28	35	24	25	31	37	24	27	32	39	25	28	33	42
0,90	25	26	30	36	26	28	33	39	26	29	34	41	27	30	33	44
1,00	26	29	32	37	27	30	34	40	28	31	36	42	29	32	37	45
1,10	28	29	33	39	29	31	35	41	29	32	37	43	30	33	39	47
1,25	30	31	35	40	30	33	37	43	31	34	39	45	32	36	41	50
1,50	32	34	37	43	33	36	40	45	34	38	42	48	35	39	45	52
1,75	34	36	40	45	35	38	42	47	37	40	45	51	38	42	47	54
2,00	36	38	41	46	37	39	44	49	48	42	47	53	40	45	49	57
2,25	38	40	43	47	39	42	46	50	40	44	49	54	42	46	51	58
2,50	40	42	46	48	41	44	48	52	42	46	50	56	44	48	53	60
3,00	42	44	47	50	43	46	50	54	45	48	53	58	47	51	56	62
3,50	44	45	47	51	45	48	51	55	47	51	55	60	49	53	58	64
4,00	45	47	49	52	47	50	53	56	49	52	56	62	51	55	60	66
5,00	47	49	51	53	50	51	54	57	51	54	59	63	54	58	62	67

ОТДЕЛ ДЕСЯТЫЙ

АККУМУЛЯТОРЫ

Аккумуляторы бывают следующих основных типов:

- 1) свинцовые аккумуляторы (кислотные),
- 2) железо-никелевые аккумуляторы (щелочные).

В первых типах аккумуляторов в качестве электролита служит разбавленная серная кислота и электродами — свинцовые пластины, погруженные в электролит.

При заряде аккумулятора под действием приложенного напряжения к электродам через электролит проходит ток от положительного электрода к отрицательному.

В результате серная кислота (H_2SO_4) и свинцовые пластины взаимодействуют электро-химически превращая сернокислый свинец ($PbSO_4$) в перекись свинца (PbO) на положительных пластинах и в губчатый свинец (Pb) на отрицательных, причем выделяется серная кислота, в результате чего плотность электролита растет.

Напряжение на зажимах аподне заряженного аккумуляторного элемента держится 2—2,1 В при весьма малом внутреннем сопротивлении

$$(1 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4} \Omega \text{ и } 56).$$

Коэффициент полезного действия аккумуляторов обычно лежит около величины $\eta = 0,8 - 0,9$, считая η за отношение ампер-часов, полученных при разряде к ампер-часам, затраченным при заряде.

В щелочных аккумуляторах в качестве электролита применяется (KOH), раствор едкого кали, электродами служат положительным — водная окись никеля ($Ni(OH)_2$) с примесью металлического никеля или графита;

отрицательным — мелкий порошок железа (Fe) с примесью ртути (Hg).

В сравнении со свинцовыми аккумуляторами (кислотными) щелочные аккумуляторы имеют ряд преимуществ и недостатков.

К преимуществам относятся легкость, механическая прочность, простота ухода, меньший вред от короткого замыкания и ряд других.

К недостаткам относятся низкий коэффициент полезного действия — до 25—30%, большее, чем в кислотных, внутреннее сопротивление.

§ 1. Таблица кислотных аккумуляторов

Т и п	Рабочее на- пряж. в	Емкость при 10 часовом разряде Ah	Максимальная сила А		Аккумуля- торная клетка		Аккумуля- торная емкость	Цена 1-го элемента		Область применения
			При раз- ряде	При раз- ряде	Удель- ный вес	Конче- ство в		Руб.	Коп.	
АТ-III	2	20,0	1,5	2,00	1,12	0,057	—	—	—	Автомобильный тип
БАТ-III	12	20,0	1,5	2,00	1,12	1,00	72	—	—	Для сигнального устройства Сигнальные установки, а так- же для прерывного разря- да слабыми токами
БАТ-V	12	30,0	3,0	3,00	1,12	1,27	84	—	—	
Анкомет	2	40,0	0,5	0,04	1,21	0,48	6	—	50	Домашняя сигнализация Для лабораторных и теле- графных линий при доста- точно сильных разрядах
ЦА-II	2	27,0	3,0	2,70	1,21	0,55	—	—	—	
ЦА-III	2	40,0	4,5	4,00	1,21	0,80	—	—	—	
ЗЦА-II	6	27,0	3,0	2,70	1,21	1,65	—	—	—	
6ЦА-II	12	27,0	3,0	2,70	1,21	3,30	—	—	—	
ЗЦА-III	6	40,0	4,5	4,00	1,21	2,40	33	—	—	
6ЦА-III	12	40,0	4,5	4,00	1,21	4,80	63	—	—	
Ф-II	2	7,5	0,5	0,55	1,12	0,80	—	—	—	Для электрического освеще- ния поездов и т. п.
ЛО-22-III	2	12,5	4,0	4,00	1,18	1,20	—	—	—	
ПО-22-III	2	25,0	8,0	8,00	1,18	1,90	14	80	—	
ПО-22-III	2	37,0	12,0	12,00	1,18	1,25	16	—	—	
ПО-22-IVЛ	2	50,0	16,0	16,00	1,18	1,60	—	—	—	Для электропоездов и т. п.
ГО50-II	2	108,0	30,0	10,80	1,18	3,50	30	50	—	
ГО50-IV	2	144,0	40,0	14,40	1,18	4,50	37	—	—	
ГО50-VI	2	216,0	60,0	21,60	1,18	7,00	48	50	—	
ГО50-X	2	360,0	100,0	36,00	1,18	13,00	73	—	—	
ГО-9-II	2	42,0	14,0	14,00	1,23	1,40	16	50	—	
ГО39-III	2	63,0	21,0	21,00	1,23	2,20	23	—	—	
407039-II	80	42,0	14,0	14,00	1,23	56,00	840	—	—	
39ГО39-II	78	63,0	21,0	21,00	1,23	85,80	1 080	—	—	

§ 2. Уход за аккумуляторной батареей. При уходе за аккумуляторной батареей необходимо придерживаться правил:

а) Осторожное обращение с огнем, так как аккумуляторы к концу заряда выделяют водород и кислород, образующие гремучий, сильно взрывчатый газ.

б) Для этого необходимо следить за правильной работой вентиляции.

в) Осторожное обращение с кислотой в целях предохранения от ожогов и порчи одежды, для этого необходимо употреблять резиновые рукавицы, передники или шерстяную одежду.

г) Поддержание чистоты помещения и мелкого инвентаря в целях предохранения от попадания в электролит железа, хлора, мышьяка, меди и других веществ, сильно разрушающих пластины аккумуляторов.

д) Контроль электролита в отношении удельного веса (ареометром) для данного режима и типа аккумулятора согласно данным каталога.

е) Перед заливкой кислоты в аккумуляторы ее необходимо проверить на отсутствие хлора, железа, солей меди, никеля, кобальта, хрома.

§ 3. Неисправности аккумулятора. Сульфатация — потеря емкости аккумулятора вследствие выделения из раствора сернистого натрия, плохо проводящего электрический ток и покрывающего поверхность пластин. Сульфатация главным образом возникает от недозаряда аккумулятора и от загрязнения электролита. Сульфатация устраняется путем тщательной промывки пластин, банки и заливкой свежим электролитом.

Саморазряд — потеря заряда в неработающем аккумуляторе — нормально не должна превосходить 1% в сутки. Причиной саморазряда является неравномерность плотностей электролита в верхних и нижних слоях, а также выпадение активной массы и соединение ею разноименных пластин. Устраняется это путем промывки аккумулятора и очищением его пластин и банки.

Перезаряд применяется как средство, предохраняющее от возникновения сульфатации, производится каждые 3 месяца.

Плохая изоляция требует немедленного устранения причин, ее породивших (загрязнение, разрушение или попадание посторонних электропроводящих предметов).

ОТДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ

МОНТАЖ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

НОРМЫ РАБОТЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Таблица работ, выполняемых монтерами различной квалификации

№ по пор.	Наименование работ	Разряд монтеров
1	Осветительная проводка шнуром и проводом . .	2—4
2	Монтаж моторов	3—5
3	Кабельные работы	3—6
4	Воздушные линии	3—5
5	Трансформаторные подстанции	4—6
6	Распределительные устройства	4—6

В условиях работ по с.-х. электрификации для более полного использования квалифицированной рабочей силы целесообразно придавать каждому монтеру 3-го и выше разряда чернорабочего. Комплект инструментов, которым должны быть снабжены монтеры:

- 1-й комплект выдается монтерам до 3-го разряда
- 2-й " " " " 6-го "
- 3-й " " " " 8-го "

(перечень смотри на стр. 177)

ГЛАВА ВТОРАЯ

МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

§ 1. Воздушные линии сильного тока прокладываются главным образом голыми проводами на изоляторах по столбам, хотя в исключительных случаях по местным условиям могут быть проложены линии и на консолях, устоях, по стенам и крышам зданий голыми или изолированными проводами.

На основании чертежа, устанавливающего общее направление линии, производится трассировка и разбивка ее на местности, при этом рекомендуется избегать, при высоком на-

Комплект № 1 для монтажников, работающих на внутренней проводке

	Количество	Срок износа
1. Отвертка патронная	1	6 мес.
2. " средняя двухсторонняя 5"	1	12 "
3. Шило с заплечиками 4"	1	12 "
4. Молоток 2½-фунт., с ручкой	1	2 года
5. Кусачки простые 5"	1	12 мес.
6. Плоскогубцы 6"	1	12 "
7. Буров английский ¾"	1	6 "
8. Нож складной	1	12 "
9. Шлямбур ⅜", длина 7"	1	3 "
10. Шлямбур ½", длина 8"	1	3 "
11. Шлямбур ¾", длина 10"	1	3 "
12. Напильник трехгранный 8"	1	12 "
13. Зубило	1	12 "
14. Метр складной	1	12 "
15. Шнур с отвесом	1	2 года
16. Круглогубцы 6"	1	12 мес.

Комплект № 2 для монтажников на самостоятельной работе

1. Отвертка патронная	1	6 мес.
2. " средняя 5"	1	12 "
3. " большая железная ручка 9"	1	12 "
4. Шило с заплечиками 4"	1	12 "
5. Кусачки простые 5"	1	12 "
6. Плоскогубцы 6"	1	12 "
7. Молоток 1-фунт.	1	2 года
8. Молоток 2½-фунт.	1	2 "
9. Буров английский ¾"	1	6 мес.
10. Нож складной с клинком 3"	1	12 "
11. Шлямбур ⅜", длина 7"	1	3 "
12. " ½" " 8"	1	3 "
13. " ¾" " 10"	1	3 "
14. " 1" " 40"	1	12 "
15. " 1" " 40"	1	12 "
16. " 1½" " 40"	1	12 "
17. Напильник трехгранный 8"	1	12 "
18. Зубило	1	12 "
19. Шнур с отвесом	1	2 года
20. Бергманские клещи 9 мм	1	2 "
21. " " 11 "	1	2 "
22. Паяльная лампа 0,5 л	1	2 "
23. Паяльник	1	2 "
24. Метр складной	1	12 мес.
25. Круглогубцы 8"	1	12 "

Комплект № 3 для ответственного старшего бригадира

	Количество	Срок износа
1. Боковая отвертка	2	6 мес.
2. Шлямбур 1", длина 12"	2	12 "
3. " 1" " 48"	2	12 "
4. " 1 1/2" " 15"	2	12 "
5. " 1 1/2" " 48"	2	12 "
6. Плоскогубцы 7"	1	12 "
7. Круглогубцы 7"	1	12 "
8. Кусачки 7"	1	12 "
9. Пассатижи 8" с кусачками	4	12 "
10. " газовые 12"	1	2 "
11. Бурава русские 3/8"	2	6 "
12. " " 1 1/2"	2	6 "
13. " " 5/8"	2	6 "
14. " " 3/4"	2	6 "
15. Долото 1"	2	12 "
16. Стамески полукруглые 1/2"	2	12 "
17. Бергман кие клещи универсальные	1	3 года
18. Лампа паяльная керосиновая 2 фунт.	1	6 мес.
19. Паяльник весом в 1 фунт	1	2 года
20. Ножовка для дерева	1	12 мес.
21. " " металла	1	2 года
22. Полоски вей	12	6 мес.
23. Уровень металлический	1	3 года
24. Кернер	1	2 "
25. Клупп и вороток с плашками и метчиками от 3/16" до 5/8"	1	3 "
26. То же от 3/8" до 5/8"	1	3 "
27. Доска винтовая с метчиками от 3 до 10 мм на 16 пар дыр	1	3 "
28. Сверла к ней от 2,5 до 10 мм	2	2 "
29. Дрель американская	1	3 "
30. Ключи шведские № 1, 2 и 3	3	2 "
31. " " № 4 и 5	2	2 "
32. Циркуль 6"	1	3 "
33. Рулетка с лентой 20 м	1	12 мес.
34. Штагенциркуль	1	3 года
35. Напильник драчевый 12"	1	6 мес.
36. " личной 10"	1	6 "
37. " полудрачевый 10"	1	6 "
38. " личной пр. 10"	1	6 "
39. " полудрачевый кр. 3/8" X 8"	1	6 "
40. " " 1/2" X 10"	1	6 "
41. Кувалда 20-фунт.	1	3 "

Продолжение

	Количество	Срок износа
42. Молоток 5-фунт	1	3 "
43. Пассатижи с медной вставкой	2	12 мес.
44. Ложки (чумички) для пайки оловом	2	12 мес.
45. Трещотка со скобой, патроном и сверлами 1 1/2", 3/8", 3/4" и 1"	1	1 год
46. Топор плотничий	1	1 "
47. Ключ для изолятор н. вольт	2	1 "
48. " " " в. вольт	2	1 "
49. Котелок для олова	1	12 лет
50. Когтей шведских с ремнями	4	12 "
51. Блоков 1 1/2" до 2" с веревками и 10 ля- гушками (для малых сечений 6 и для больших 4)	3	2 года
52. Точило карборундовое ручное	1	2 "
53. Меха	1	2 "
54. Тиски параллельные 30-фунт.	1	2 "
55. Гальваноскоп или индуктор	}	Временно
56. Счетчик оборотов		
57. Подставка жаровая	1	12 мес.
58. Лампа керосиновая, 2-фунт.	1	6 "
59. Пояс предохранительный с карабином	4	12 "
60. Зажимы для натягивания алюминиевых проводов	3	12 "

пряжении, проходов через населенные местности, проходов по гребням холмов и прочим неудобным местам.

§ 2. Разбивка линий. Расстояние между опорами высоковольтных линий (6 000 V) берется от 35 до 75 м, а при низковольтных линиях — от 20 до 50 м, причем очень часто положение опор низковольтных распределительных линий определяется месторасположением вводов в постройки.

§ 3. Столбы деревянные, сосновые; применение для воздушных линий березы и осины недопустимо. Столбы должны быть прямые, без гнилых сучков и трещин; согласно ОСТ-1341 может быть допущен лес первого и второго сортов. Столбы должны быть очищены от коры (околены) и сверху, там, где ввертываются крюки с изоляторами, могут быть застроганы примерно на 1,5 м; при проходе через населенные местности рекомендует-ся сплошная остружка столбов; верхушка столба должна быть заделана на конус, высота этого конуса обычно берется равной 125 мм. Верхний крюк с изолятором ввертывается на 150 мм ниже основания конуса; расстояние между изоляторами при данном напряжении берется равным 400—500 мм (рис. 88), а при высоком напряжении (6 000 V) — 800—1 000 мм.

§ 4. Расстояние между проводами при напряжении от 3 000 V до 40 000 V можно определять по формуле союза венских электротехников:

$$D = 0,75 \cdot \sqrt{f_{\max}} + \frac{E}{100} \text{ для меди и железа.}$$

$$D = 0,9 \cdot \sqrt{f_{\max}} + \frac{E}{100} \text{ для алюминия.}$$

D — расстояние между проводами (в метрах),

E — линейное напряжение в kV ,

f_{\max} — наибольшая стрела провеса (в метрах).

Более точна формула Глазунова А. А.

$$D = 1,4 \frac{L}{1gq} + 1,0 E \text{ (для меди), для алюминия на 30\% больше.}$$

Здесь: D — (в см.) Z — пролет (в метрах).

lg — десятичный логарифм,

q — сечение в кв. миллиметрах.

Часть столба, граничащую с поверхностью земли, рекомендуется тщательно покрыть кипящей смолой на расстояние около 500 мм в каждую сторону от плоскости пересечения с землей. Смолу можно заменить асфальтом или гудроном; в крайнем случае нужно осторожно обжечь столб, но так, чтобы диаметр столба уменьшился не более чем на 20 мм; причем эти 20 мм нужно учесть при выборе толщины столба. Тщательно засмолить нужно и все врубки и торцовые части.

Диаметр столбов

При длине столбов	8,5 м	180 мм
" " "	11,0 "	200 "
" " "	13,0 "	220 "

Сбег столба (уменьшение диаметра от комля до вершины) должен быть не более $1/100$

§ 5. Глубина закапывания столба.

№ по пор.	Характеристика грунта	Длина столба (в метрах)	Глубина на лы (в метрах)
1	Мягкий грунт, отделяемый железной лопатой без кирки	8,5	1,7
		11,0	2,0
		13,0	2,2
2	Твердый грунт, отделяемый с помощью кирки	8,5	1,5
		11,0	1,8
		13,0	2,1
3	Каменистый грунт, отделяемый с помощью кирок и лопат	8,5	1,3
		11,0	1,6
		13,0	1,9

При копании ямы лопатой целесообразно делать ее в виде лестницы (рис. 89) и притом так, чтобы в самом глубоком месте яма была немногим больше окружности основания столба. Длинная сторона ямы делается по направлению линии.

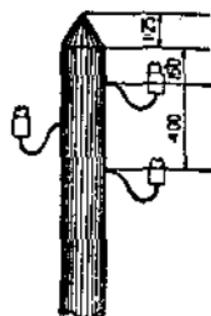


Рис. 88. Верхушка столба низковольтной линии.

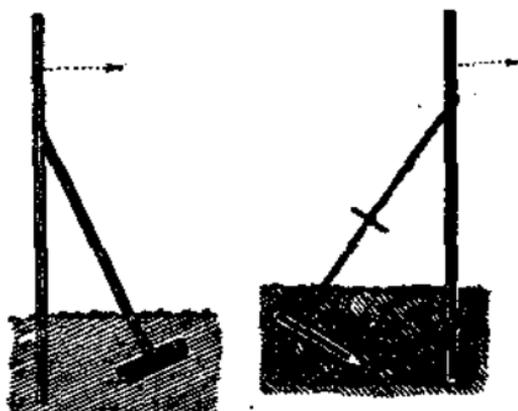


Рис. 89. Столбы с подпорой и оттяжкой.

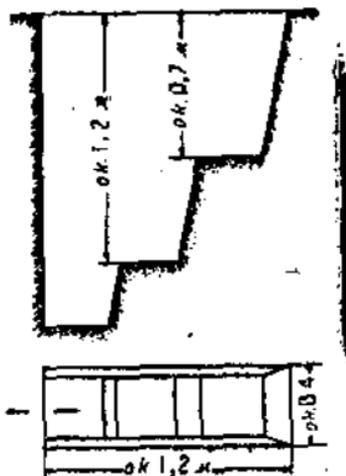


Рис. 89. Яма под столбы.

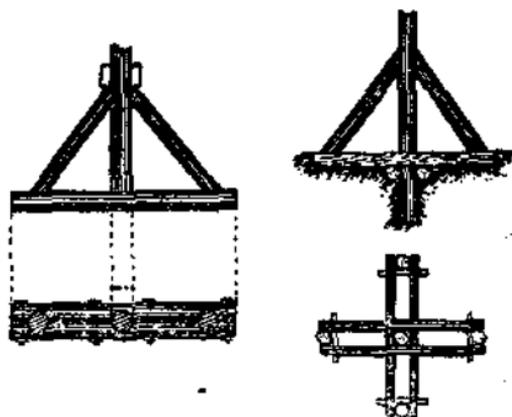


Рис. 91. Крепление опор в болотистом грунте.

В случае почвы, свободной от камней, не очень сухой и просеяной, можно яму не выкапывать, а высверливать при помощи бура. Такой бур можно сделать в любой кузнице из диска от дисковой бороны.

§ 6. Подъем столбов нужно производить крайне осторожно, так как при этом возможны несчастные случаи. Одианные поднимаются при помощи особых выл (ухватов) и багров; после подъема, перед засыпкой ямы и утрамбовкой, положение столба нужно проверить по отвесу и вдоль линии столбов.

§ 7. Анкерные опоры. На прямых участках через 1,5—3 км ставятся усиленные «анкерные» опоры (Э. П. и Н. 1931 г., стр. 390, § 2), выполняемые обычно в виде так называемых А-образных столбов, устанавливаемых вдоль линии; шаг этой опоры (расстояние между ногами) по низу составляет 2,5—3 м. В случае если А-образный столб ставится на повороте линии (угловая опора), то с внутренней стороны под ногу подкладывается лежень (доска длиной в 0,7 м), а с наружной — такая же доска кладется поверх нижней связи (перекладкины) для предотвращения выворачиванию опоры. Подъем А-образной опоры можно производить или обычным способом, если столбы длиной в 8,5—11 мм, или же при помощи особой «стрелы» (вспомогательного столба), через которую идет поднимающий канат. Канат же этот тянется или лебедкой или деревянным воротом простейшего вида, употребляемым в деревнях при рытье колодцев.

§ 8. Подпоры (раскосы) и оттяжки ставятся на углах и концах линий (рис. 90); подпора укрепляется к столбу на высоте 0,7—0,75 надземной части столба и под углом 35—45°. Конец подпоры впускается в землю на 1 м и под него подкладывается камень или кусок бревна (доски) длиной в 0,5—0,7 м. Прикрепляется подпора к столбу скобой или стяжкой, но не врубается, так как врубка ослабляет столб; нужно обратить внимание на то, чтобы подпора была тщательно пригнана (припасована) и край подтесаны («снять щечки»).

Оттяжка делается из 3—4 проволок диаметром в 4—5 мм, скрученных вместе (а следовательно и натянутых как следует) при помощи куска палки или железа. Прикрепляется оттяжка или к якорю (рис. 90) длиной в 1,6—2,0 м и толщиной в 15—20 см, закопанному в землю на глубину 1,5 м под углом 90° к оттяжке, или к оттяжной тумбе длиной в 2,5 м, верхний конец которой торчит из земли. Оттяжка должна быть или заземлена или, наоборот, хорошо изолирована от столба.

В болотистых грунтах опоры приходится укреплять при помощи свай (забиваются 2 сваи толщиной 20—25 см на глубину 2 м, между сваями кладется бревно длиной 1,5—2 метра и толщиной 20—25 см, а уже к бревну вяжется опора), а также при помощи лежней и крестовин (рис. 91).

§ 9. Пасынки. В качестве усиления опор применяют деревянные пасынки. К пасынкам столб крепится двумя хомутами железной проволоки диаметром 4—5 мм, каждый хомут должен иметь не менее 8 оборотов проволоки. На промежуточных опорах записка пасынок к основной ноге должна быть плоской и расположена в плоскости линии, — это предохраняет опоры от излома при обрыве проводов («гибкая» опора).

§ 10. Расстояние от земли до наименьшей точки провода при наибольшем провисании должно быть не менее:

а) при пересечении мощных и шоссежных дорог — 6 м для проводов низкого и 7 м для проводов высокого напряжения;

только во время производства означенных работ должны быть удалены от земли на высоту 4 м;

в) однопроволочные провода рассчитываются только с двойным запасом прочности.

§ 11. Крепление изоляторов и крюков. Изоляторы должны быть туго накручены на крюки или штыри, обернутые смоляной паклей, смоченной в олифе с суриком. Хорошо употреблять для этого старый размочаленный канат.

Для крепления медных проводов к изоляторам разрешается применять только медную проволоку; алюминиевый провод вьется алюминиевой вязкой.

Нормальная вязка голых проводов показана на рисунке 92.



Рис. 92. Нормальная вязка голых проводов.



Рис. 93. Скрутка проводов.

§ 12. Сращивание медных и алюминиевых многопроволочных проводов следует производить при помощи клемм или в крайнем случае производить сплетку концов на расстоянии не менее 2×150 мм.

Одножильные медные провода иногда соединяют скруткой (рис. 93), плотно обвивая провода друг около друга на расстоянии 2×50 мм, целесообразнее применять для этого обычную «британскую» спайку.

Одножильные железные провода также надлежит соединить «британской» спайкой длиной около 75 мм (рис. 94). Обвивка



Рис. 94. Британская спайка.

проводов при этом производится эцанкованной проволокой диаметром в 1,5 мм, и место соединения пропаивается оловом. Для медных и алюминиевых проводов пайка оловом не применяется.

§ 13. Раскатка проводов производится непосредственно с барабана, на котором они доставляются. При размотке провода нужно строго следить за тем, чтобы не образовывались узлы, петель и т. д., провод же в коем случае не должен волочиться по земле.

После размотки проводов их нужно тотчас же накрутить на изоляторы и крюки, при этом алюминиевые провода накручивать просто на крюки нельзя во избежание порчи отдельных жил, —

тут требуется или применение специальных поддерживающих роликов, подвешиваемых к крюкам, или же на изоляторные крюки кладутся деревянные колодки, на которые и накладывается провод.

Лежащий на крюках провод закрепляется на конечном изоляторе концевой петлей (рис. 95) или же специальной петлевой клеммой (рис. 96) (на рисунке показана петлевая клемма для алюминиевого провода).

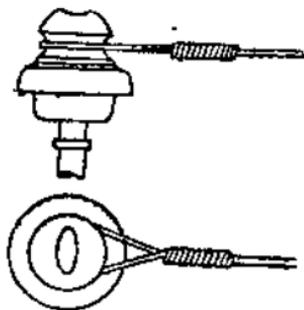


Рис. 95. Концевая петля для массивного провода.

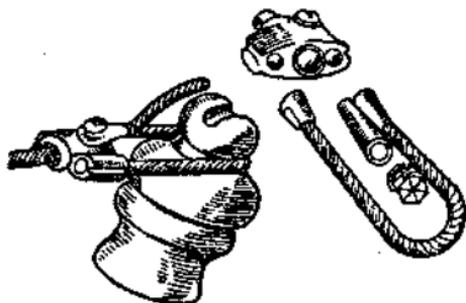


Рис. 96. Петлевая клемма для алюминиевого провода.

После этого приступают к натягиванию провода посредством блоков (полнспавтов) и особых зажимов для провода. При мягкотянутой медной проволоке применяются так называемые «лягушки» с круглыми или лучше плоскими губами; для твердотянутых или алюминиевых кабелей лучше употреблять деревянные или металлические плоские зажимы.

Натягивается сразу провод в нескольких пролетах, а иногда и на протяжении нескольких километров.

§ 14. Таблица стрел провесов алюминиевых проводов

Пролет (в метрах)	Стрела провеса в сантиметрах при +10°C и при сечении в кв. мм			При -10°C для всех сечений менее 115 см	При +25°C для всех сечений более 115 см	Примечание
	16-20	25-32	40-115			
20	30	18	10	4	4	Нормальный пролет при низком напряжении—40 м
30	68	40	23	10	9	
40	120	70	40	18	15	
50	187	114	63	30	25	

Провес при больших пролетах

Температура в градусах С	Пролет (в метрах)			Примечание
	60	60	70	
	Стрелы провеса (в см)			
	Многожильн. 25 кв. мм	Многожильн. 40 кв. мм	Множильн. 40 кв. мм	
-10°C	145	105	143	При 25 кв. мм нормальный пролет—50 м При 40 кв. мм нормальный пролет—60 м При данных стрелах провеса можно поставить столбы размером 160 мм в верхнем отрубе
0°C	159	118	161	
+10°C	172	129	175	
+20°C	183	140	191	
+30°C	195	150	204	
+40°C	206	160	218	

Медные провода

Пролет в м	Стрела провеса в см при +10°C и при сечении в кв. мм				При -10°C для всех сечений менее на см	При +25°C для всех сечений более на см	Примечание
	6-8	10-16	20-35	45-70			
	Одно-пров.	Много-пров.	Много-пров.	Много-пров.			
20	25	10	16	18	3	3	Нормальный пролет при низком напряжении — 40 м
30	56	23	28	40	8	6	
40	100	40	50	70	14	10	
50	156	53	78	109	22	16	

Стрела провеса регулируется отдельно в каждом пролете следующим образом: на столбе, на котором провод уже закреплен, отмеряется вниз от уровня соответствующего изолятора величина стрелы провеса, на следующем столбе отмеряется та же

величина и через полученные две точки визируют стрелу провеса. Таким образом регулируют стрелу провеса только у одного провода, а остальные провода регулируют наглаз по первому, сгоя на земле и отойдя в сторону метров на 100—200. При прокладке проводов различного сечения на одних и тех же столбах, теоретически следовало бы для разных сечений давать различную стрелу провеса, практически же все провода натягиваются с одинаковой стрелой, причем за основание берут провод с ббльшей стрелой провеса. При проверке стрелы провеса можно пользоваться методом раскачивания провода, определяя стрелу провеса по формуле:

$$f = \frac{669^2}{n^2},$$

где n — простое колебание, f — стрела провеса в сантиметрах. (Простое колебание — половина полного колебания.)



медь
изоляция от влаги

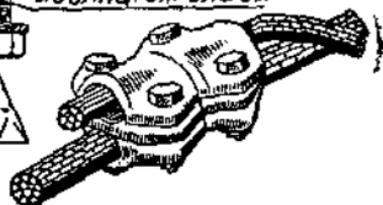


Рис. 97. Универсальная ответвительная клемма.

Рис. 98. Ответвительная клемма алюминий—медь.

§ 15. Особенности монтажа алюминиевых проводов

а) При ответвлении алюминия от алюминия нужно применять универсальные ответвительные клеммы (рис. 97), эти же клеммы надлежит применять при отпайке от алюминия железного провода.

б) При ответвлении от алюминия меди обязательно примененне специальных клемм (рис. 98), в которых алюминиевый провод кладется на алюминиевые зажимы, а медный — в медные, в противном случае возможны коррозии и разрушение проводов.

в) При отсутствии специальной алюминиевой арматуры можно отпайку алюминий — алюминий производить простой вязкой алюминия, а отпайку мед — алюминий согласно рис. 99.

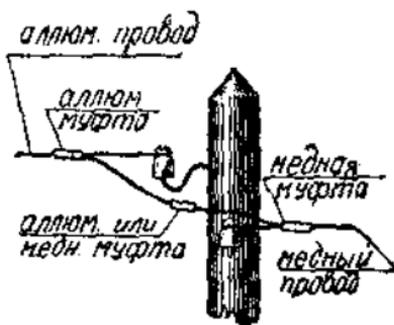


Рис. 99. Упрощенное ответвление меди от алюминия.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ВВОД ПРОВОДОВ В ЗДАНИЯ

Э. П. и Н. устанавливают следующие требования к вводам — в с.-х. установках:

§ 16. Требования к вводам: а) Для вводов в качестве проводов, «противостоящих атмосферным влияниям», допускается провод П. В. М. б) Голые провода вводов, пересекающие полосу улицы, служащую только для пешеходного движения, могут иметь наименьшую точку при вводе в здание — 3 м (сейчас поставлен вопрос о снижении этой высоты до 2,75 м), при пролете не более 10 м и высоте подвеса проводов на столбе не менее 5,5 м. При тех же условиях, но при пролете 10—20 м, наименьшая точка при вводе должна быть не меньше 3,5 м.

В тех случаях, когда малая высота домов не позволяет сделать нормальный ввод через стену, следует ставить у ввода дополнительный столб или кронштейн, на который делать отвод с линейного столба и далее спускаться вниз изолированным проводом на изоляторах или роликах до высоты, приемлемой для ввода через стену.

в) На столбе при вводе должен быть установлен простейший предохранитель в виде плавкого мостика; при однофазном вводе можно ставить один предохранитель.

В случае применения системы 380/220 В с заземленной нейтралью предохранитель должен быть пробкового типа (например грибообразный).

Нулевой провод ввода не должен иметь предохранителя.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВНУТРЕННЯЯ ПРОВОДКА ИЗОЛИРОВАННЫМИ ПРОВОДАМИ

§ 17. Согласно Э. П. и Н. (изд. 1931 г., стр. 99, § 13 и дальше) в сельских местностях в жилых помещениях (крестьянских домах и им подобным строениям, но не в благоустроенных квартирах совхозов) проводку рекомендуется выполнять проводом, а не шнуром. В помещениях служб (сараях, коровниках, свинарниках, сеновалах и т. п.) шнуровая проводка недопустима.

У патронов ламп накаливания должны быть высокие изолирующие кольца. Согласно § 15 норм штепсельные розетки в помещениях служб не допускаются, но так как при современной технике электрификации скотных дворов они там необходимы, то их нужно брать только с повышенной прочностью и изоляцией (например чугунные герметические). Переносные лампы при этом нужно брать на напряжение не свыше 24 В (проект новых норм).

В помещениях служб устанавливать патроны с ключом не допускается. В жилых помещениях также предпочтительнее устанавливать патроны без ключа.

Установка предохранителей и выключателей в сеновалах, овинах и т. п. не допускается. Всю проводку, обслуживающую эти помещения, следует выносить наружу, внутрь же помещений вводить ответвления по кратчайшим расстояниям непосредственно к местам установки приемников.

Проводка от рабочих линий к передвижным электродвигателям должна осуществляться при помощи гибкого кабеля с изоляцией жил из вулканизированной резины. Для защиты от механических повреждений кабель должен иметь соответствующую наружную оболочку (металлическую, кожаную, веревочную и т. п.).

Изолированные провода должны прокладываться по роликам, изоляторам или в трубках. Ролики должны быть так установлены, чтобы провод или шнур находился на расстоянии не менее 100 мм от стены; при проводке вдоль стен расстояние одного ролика от другого должно быть не более 1 м, при прокладке по потолку это расстояние может быть и более 1 м. При шнуровой проводке расстояние между роликами должно быть не более 750—800 мм. Расстояние между отдельными проводами, проложенными на роликах, берется не менее 2 см.

Укрепление роликов ни в коем случае не должно производиться при помощи гвоздей, а только шурупами или одинаково хорошим способом крепления, шурупы берутся обыкновенно с полукруглыми головками.

Для выбора способа прокладки проводов и их марки можно пользоваться следующей таблицей.

Тип помещения	Наименование помещений	Марка проводов	Способ прокладки
Снаружи	Открытые дворы, переброски от одного здания к другому . . .	Голый провод и ПВМ	На изоляторах
Сырое	Коровники, конюшни, свинарники, моченые, сараи, пекарни, уборные общественные и пр.	ПРН	На изоляторах
Сухое неотапливаемое и полутапливаемое	Кухни (жилых домов), чердаки, мастерские, кладовки	ПРН	Ролики
Сухое отапливаемое	1) Крестьянские дома, общежития рабочих	ПР	Ролики
	2) Благоустроенные квартиры, клубы, конторские помещения	ПРН	Ролики

Подбор уста и изоляционных материалов к проводам марок ПР, ПРН и ПРНГ по данным
П. Ф. Соловьева "Монтаж изоляционных проводов". ГЭИ, 1932 г.

Сечение проводов мм ²	Трубки эбонитов. для сквозных по ГОСТ 876/А		Втулки фарфоровые			Ролики фарфоровые			Винты круглые (шпурпы) по ГОСТ 188		Глухари по ГОСТ 191/2						
	Диаметр		Тип	Длина в мм	Диаметр		Высота	Диаметр		Длина в мм	Диаметр в мм	Длина в мм					
	Внутр. в мм	Наружн. в мм			Внутр. в мм	Наружн. в мм		Ореховая в мм	Наружн. полка								
1	5	8,9	ВТ-К-6	25	11	15	РП-2	24	6	24	3,5	40	—	—	—	—	—
1,5	7	10	ВГ-К-10	30	13	18	РП-2	24	6	24	3,5	40	—	—	—	—	—
2,5	7	10	*	30	13	18	РП-2	24	6	24	4,5	40	—	—	—	—	—
4	7	10	*	30	13	18	РП-6	30	7	30	4,5	45	—	—	—	—	—
6	9	13,5	ВТ-К-16	30	16	21	РП-6	30	7	30	6	50	65	65	65	65	65
10	9	13,5	ВТ-К-16	30	16	21	РП-16	34	7	34	6	60	65	65	65	65	65
16	11	15,8	ВТ-К-35	35	20	25	РП-16	34	7	34	6	60	65	65	65	65	65
25	13	18,6	ВТ-К-70	40	23	28	РП-35	38	8	38	7	70	70	65	65	65	65
35	16	20,7	ВТ-К-95	50	30	36	РП-35	38	8	38	7	70	70	65	65	65	65
50	16	20,7	ВТ-К-95	50	30	36	РП-70	42	10	42	8	70	70	65	65	65	65
70	23	30,8	По особому заказу	60	35	48	РП-70	42	10	42	—	—	—	—	—	—	—
95	23	30,8	По особому заказу	60	35	48	РП-95	50	14	50	—	—	—	—	—	—	—
120	30	38,5	По особому заказу	70	40	60	№ 215	70	20	65	—	—	—	—	—	—	—
150	30	38,5	По особому заказу	70	40	60	№ 215	70	20	65	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Диаметр в мм	Вес 1000 м в кг	Длина на 1 вилку в 2 провода (в метрах)	Изоляторы фарфоровые			Воронки фарфоровые				Диаметр железа, крючков, якор. и лопуякор. в мм
			Тип	Высота	Диаметр основания в мм	Тип	Длина в мм	Диаметр		
								Внутр. в мм	Наруж. в мм	
0,7	3,02	0,5	Ш-ТЛ-4	52	37	В-6	90	11	15	9,5 (3/8")
0,7	3,02	0,5	Ш-ТЛ-4	52	37	В-10	100	13	20	9,5
0,7	3,02	0,5	Ш-ТЛ-4	52	37	В-10	100	13	20	9,5
0,7	3,02	0,5	Ш-ТЛ-4	52	37	В-10	100	13	20	9,5
1	6,17	0,6	Ш-ТЛ-16	82	57	В-16	105	16	21	13 (1/2")
1	6,17	0,6	Ш-ТЛ-16	82	57	В-16	105	16	21	13
1	6,17	0,6	Ш-ТЛ-16	82	57	В-35	120	20	25	13
1	6,17	0,7	Ш-ТФ-50	112	85	В-70	130	28	29	16 (5/8")
1,4	12,1	0,7	Ш-ТФ-50	112	85	В-95	140	30	36	16
1,4	12,1	0,7	Ш-Ф-50	112	85	В-95	140	30	36	16
1,4	12,1	0,7	Ш-ТФ-95	135	93	По особому заказу	140	35	48	19 (3/4")
2,0	24,7	0,8	Ш-ТФ-95	135	93	По особому заказу	140	35	48	19
2,0	24,7	0,8	По особому заказу	150	100	По особому заказу	150	40	60	19
2,0	24,7	0,8	По особому заказу	150	100	По особому заказу	150	40	60	19

**Подбор установочных материалов к шнуровой проводке по данным П. Ф. Соловьева
"Монтаж изолированных проводов". ГЭИ, 1932 г.**

Сечение шнура в мм ²	Ролики фарфоровые типа			Винты с полукруглой головкой для крепления роликов			Винты для крепления Дюна в мм					
	Диаметр основания в мм	Высота в мм	Диаметр основания в мм	Высота в мм	Длина в мм (толщина 4—4,5 мм)		С плоской головкой, толщина 0—4 мм	С полукруглой головкой, толщина 0—4 мм	По дереву			
					По дереву	По металлу или бетону						
1 до 2,5	19	24	—	—	34—45	60—70	50	—	30	35—60	35	26—30
	—	—	30	30	50—60	70—85	60—70	—	30	35—60	35	26—30
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Для правильного размещения роликов предварительно требуется разметить линии путем отбивки шнуром, натертым мелом, или просто натягиванием шпагата.

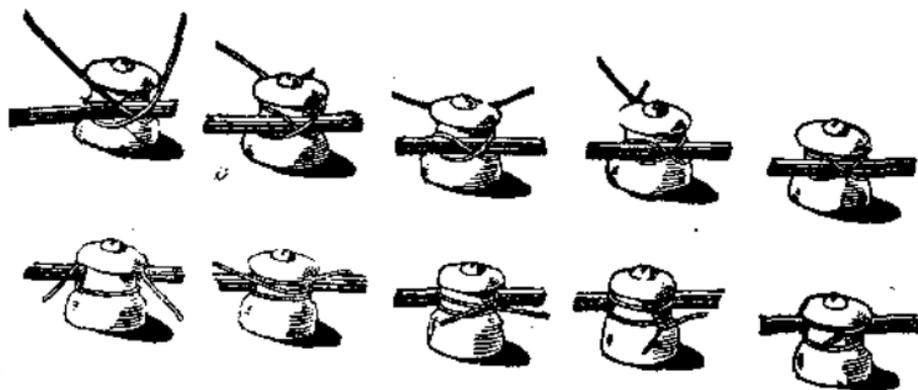


Рис. 100. Вязка провода «крестом».

Вязка «крестом» показана на рисунке 100, а «крестом с хомутом» к концевым и угловым роликам — на рисунке 101.

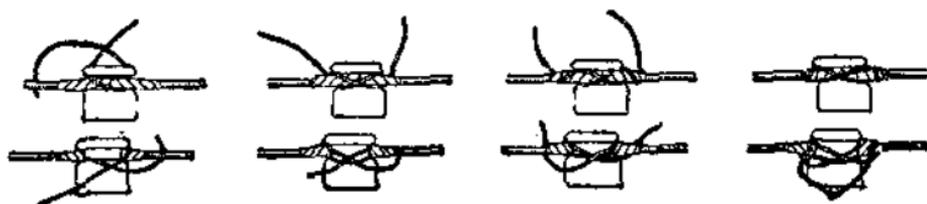


Рис. 101. Вязка провода «крестом с хомутом».

Пайка проводов и шнуров обязательно должна быть горячей, для этого при мелких сечениях (до 2,5 кв. мм) можно применять тиньол. Концы многопроволочных проводов и шнуров, вводимые в наконечники (напайка наконечников), выключатели, розетки и т. д. должны тоже хорошо пропаяваться; то же самое относится и к колечкам, которые часто при этом требуется делать.

Спайки и отпайки нужно обязательно делать на роликах, располагая их в случае шнура по обе стороны ролика.

§ 18. Чердачная проводка является особо ответственной, так как будучи лишена постоянного наблюдения, легко может стать причиной пожара.

Особо тщательно нужно выполнять проходы через потолочные перекрытия.

Как правило чердачная проводка закрывается деревянным футляром, в отдельных случаях с разрешения пожарной охраны можно ее и не закрывать.

Пролеты между роликами рекомендуется делать не более 500—600 мм, употреблять провода сечением не менее 1,5 кв. мм и ролики устанавливать не менее РП-6. Эбонитовая трубка, проходящая через потолок, должна доходить до первых роликов на чердаке и быть залита чаттертоном с обеих сторон.

§ 19. По каменным и бетонным стенам ролики крепятся тоже шурупами, но на шурупы наматываются спирали из железной проволоки (вязки), которые предварительно, во время заготовки для проводки, вмазываются на гипсе или алебастре в специально выдолбленные шлямбуром отверстия в стене. Могут ролики крепиться и не только по одному, а сразу по два и по три, будучи заранее смонтированными на железных планках или закрепах.

Для экономии проволоки еще можно допустить деревянные пробки, которые делать нужно в виде усеченного конуса, разрезать пробку на половину пилой, вставлять в распил клин и забивать пробку в заготовленное отверстие. Этот способ удобен для монтажа в саманных и глинобитных постройках, хотя при слабом самане можно просто забивать в стену конические пробки длиной до 100 мм.

В последнее время для экономии спиралей употребляют постановку шурупов на замазке из смеси опилок, инфузорной земли и гипса.

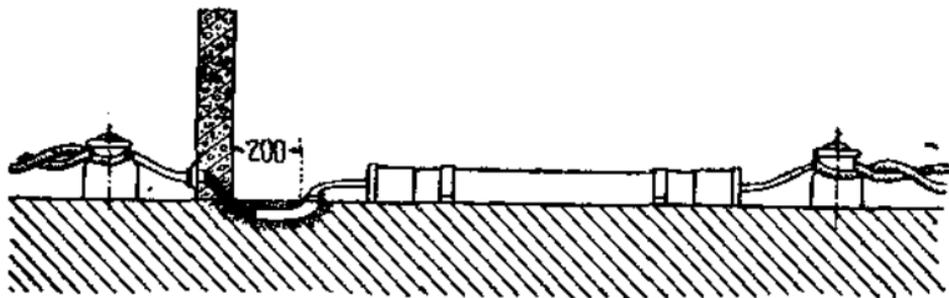


Рис. 102. Проход через междуэтажное перекрытие.

При постановке изоляторов на крюках и якорях ни в коем случае не может быть допущена наклонная установка изоляторов, что иногда практикуют сельские монтеры.

§ 20. Прокладка проводов в трубах, главным образом старых газовых, употребляется при подводе к моторам, в этом случае при применении проводов ПРН их можно прокладывать в трубах без надевания на них эбонитовых трубок. В концы газовых труб вставляют фарфоровые втулочки, или в крайнем случае надеваются железные воронки, наполняемые кабельной массой.

Прокладка в эбонитовых трубках употребляется для подвода проводов в борозде к моторам и щиткам, диаметр трубок дол-

жен быть при этом не менее 11 мм, а провода должны быть марки ГРН. Применение борозд очень удобно для обхода водопроводных труб, балок, других линий проводов и т. д. При этом нужно помнить, что нижний край входного отверстия фарфоровой воронки должен находиться не ниже 100—200 мм от пола (рис. 102), воронка выступает из стены примерно на 3—5 мм. Также и втулочки при проходах выступают на 3 мм (ободочек втулки).

Нужно обращать внимание на то, чтобы втулочки и воронки были аккуратно, ровно в ряд вмазаны в стену.

§ 21. Бергманские трубки помимо употребления при спусках в стояках применяются также для спусков к выключателям, розеткам, щиткам и моторам.

ГЛАВА ПЯТАЯ

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 22. В условиях с.-х. электрификации приходится иметь дело с машинами небольшой мощности: максимально генераторы — до 500 kW (вес до 18 000 кг), трансформаторы — до 560 kW (вес без масла — 2 850 кг и масла — 15 909 кг), моторы нормально до 75 kW (вес до 1300 кг), а главным образом с трансформаторами до 100 kVA (вес без масла 630 кг и масла 2 000 кг) и с моторами до 20 kW (вес до 270 кг).

Обычно применяемый низким напряжением является напряжение 220 V и 380/220 V, а высоким — 6 000 V. В зависимости от веса и пронстекающей отсюда трудности монтажа можно разбить электромашины на 6 групп («Справочник Главэлектро», 1925 г.).

1-ая группа. Машины — до 40 кг (моторы до 1 kW), совершенно не требуют специальных приспособлений. Монтаж выполняется 1 монтером и 1 чернорабочим.

2-ая группа. Машины — от 40 до 100 кг (до 4,5 kW), тоже не требуют для установки на фундаменте специальных приспособлений. Монтаж выполняется 1 монтером и 2 чернорабочими.

3-я группа. Машины — от 100 до 350 кг (до 29 kW), требуют простейших приспособлений для подъема и перемещения (доски, катки). Монтаж выполняется 1 монтером и 3 чернорабочими.

4-я группа. Машины — от 350 до 700 кг (моторы до 40 kW при 1500 об/мин. и трансформаторы до 100 kVA (без масла), требуют специальных подъемных приспособлений (козлы и тали). Монтаж выполняется 1 монтером и 4 чернорабочими.

5-я и 6-я группы. Требуют уже не только козел и талей, но и специальных лебедок. Монтаж выполняется 1 монтером и 5—10 чернорабочими.

После установки машины на место (фундамент, кронштейн

и пр.) перед закреплением салазок (заливка цементом, завинчивание болтов), нужно выверить машину в горизонтальном положении и относительно шкива другой машины или трансмиссионного вала. Машина должна быть при этом крепко привинчена к салазкам. Горизонтальность положения проверяют по ватерласу, подкладывая для выравнивания под салазки железные клинья.

Параллельность шкивов определяется при помощи туго натянутой бечевки, на рисунке показано, что в данном положении мотор еще не параллелен трансмиссионному валу (рис. 103).

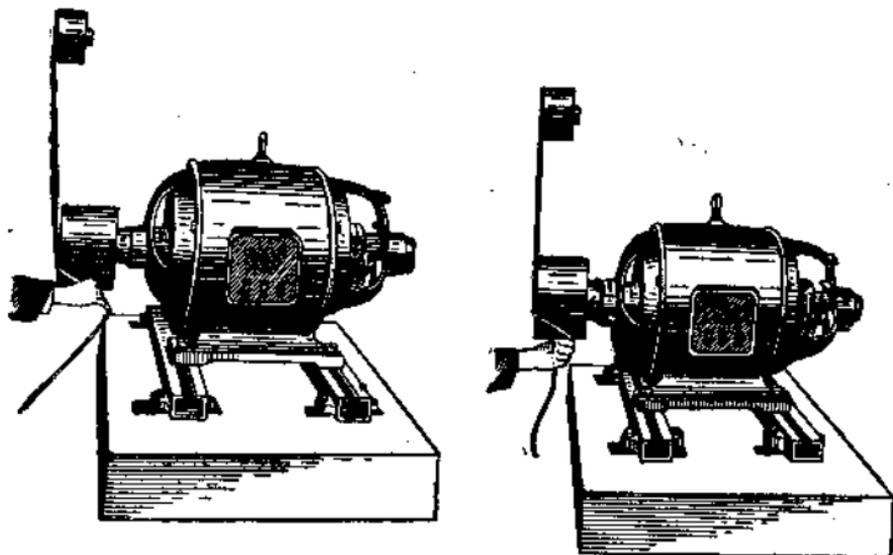


Рис. 103. Слева мотор не параллелен трансмиссионному валу.

Если машины подлежат непосредственному соединению, то установив их наглаз, надевают на валы обеих машин прибор, изображенный на рисунке 104 в виде скобы с острьями, к одной половине скобы приделана еще добавочная скобочка из проволоки с острием, почти прижимающимся к другой половине. Если машины взаимно правильно расположены, то в продолжение полного оборота валов острия не должны менять своего взаимного расположения.

После тщательной проверки можно приступить к окончательному укреплению салазок или лап машин.

Нужно обратить внимание на то, что при больших машинах во избежание перекоса машин на салазках от натяжения ремня натяжные болты салазок надо располагать не оба со стороны передачи (натяжения ремня), а один (второй от ремня) — с противоположной стороны.

В сельском хозяйстве помимо установок моторов на фундаментах, кронштейнах и прочих конструкциях часто приходится монтировать их на тележках, носилках и моторизованных полевых орудиях (корчевалки, культиваторы и т. д.).

Трансформаторы, авиуду того что у них нет движущихся в работе частей, требуют только выверки горизонтальности их основания.

§ 23. Проверка изоляции. Согласно Э. П. и Н. наименьшее допустимое сопротивление изоляции машины в нагретом состоянии определяется по формуле:

$$M\Omega \geq \frac{E}{P + 1000},$$

где E — напряжение на зажимах в вольтах, P — номинальная мощность машины в kW , $M\Omega$ — сопротивление изоляции в мегамах; если этого нет, то машина должна быть подвергнута сушке.



Рис. 104. Выверка машин, подлежащих непосредственному соединению.

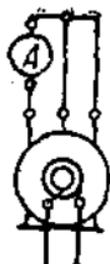


Рис. 105. Сушка генератора током короткого замыкания.

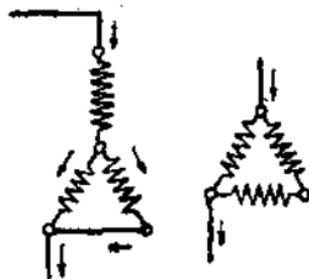


Рис. 106. Сушка машины от постороннего источника тока.

Перед сушкой машину нужно вычистить и протереть от медной и угольной пыли. В наиболее горячих местах, определенных наоупу, должны быть поставлены термометры; шарики со ртутью должны быть плотно обернуты станиолью и крепко прижаты к измеряемой поверхности. В продолжение всей сушки нужно периодически (примерно через 2 часа) измерять индуктором сопротивление изоляции, которое сначала при сушке понижается, а после повышается до требуемой величины. Температура в наиболее горячих местах должна быть не более $75^{\circ}C$ и только в крайнем случае может подниматься до $90^{\circ}C$.

Процесс сушки занимает при этом для малых машин 10—12 часов, а для больших — 20 часов и более.

Во время сушки нужно вести журнал, записывая температуру и сопротивление изоляции.

§ 24. Сушка генераторов током короткого замыкания проводится по схеме рисунка 105. Генератору при этом дается малое

число оборотов и увеличенный (примерно на 30%) ток. Возбудитель генератора должен получать ток от постороннего источника постоянного тока.

Сушку от постороннего источника постоянного тока можно производить, включая последовательно все фазы статора, или по схеме рисунка 106. Сушка моторов производится включением статора на $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{8}$ нормального напряжения, при заторможенном роторе и введенном в цепь ротора реостате.

Сушку трансформаторов согласно решению совещания при секторе эксплуатации Главэнерго (журн. «Эл. и эл. ремонт.» № 10 за 1932 г., стр. 313) лучше всего производить горячим воздухом (воздуходушками). Для этого выемная часть трансформатора помещается или в какой-либо утепленный ящик или в свой также утепленный (брезентов, войлоком) кожух и через нее вентилятором прогоняется горячий воздух, нагреваемый от электрического реостата. Температура входящего воздуха не должна превосходить 120°C (нормально 110°C). Наружный воздух засасывается через фланелевый фильтр, а на пути горячего воздуха перед входом в трансформатор ставится густая металлическая сетка во избежание попадания искр на обмотку.

Вентилятор должен давать примерно 0,6 куб. м воздуха на 1 кВт потерь в реостате, напор вентилятора примерно 20—30 мм водяного столба. Мощность реостата подбирается в пределах 1,5—3% от мощности трансформатора. Температура проволоки должна быть не более 130 — 140°C . Время сушки составляет 1—15 суток. Подробности об этом методе сушки можно найти в указанной статье журнала «Эл. и Эл. монт.».

Вторым способом сушки трансформаторов является сушка масляной с вакуумом (см. тот же журнал № 8/9 и № 10).

Затем идет метод сушки коротким замыканием под вакуумом в масле или без вакуума в масле. При этом безопаснее коротко замыкать обмотку низкого напряжения, а к обмотке высокого напряжения подводить напряжение короткого замыкания, т. е. 2—4% нормального при мощности до 200 kVA и 3—5% при мощности свыше 200 kVA.

Возможно конечно и обратное включение, когда нет подходящего напряжения.

Сушку коротким замыканием без масла нужно проводить очень осторожно и только для трансформатора мощностью не более 200 kVA и напряжением не свыше 6600 В.

Метод сушки трансформаторов при помощи электрических нагревателей, опускаемых непосредственно в масло, или масляной варкой без вакуума указанное совещание при Главэнерго запретило как портящий масло.

Температура обмоток трансформатора не должна превышать при сушке 95°C ; во все время сушки нужно вести журнал записей температур воздуха, обмоток и сопротивлений изоляции обмоток.

Масло трансформаторное просушивается или вместе с трансформатором или отдельно при температуре 110—120°C.

Масло можно считать просушенным, когда поверхность его становится совершенно гладкой (при температуре 110°C); на ней не образуется пены, и прекращается выделение пузырьков. Точно просушка масла устанавливается по испытаниям его на пробивание согласно нормам. Сушить масло лучше всего при помощи фильтрпресса, пропускаямем через специальную гигроскопическую бумагу.

Наиболее дешевая и быстрая сушка масла получается на центрофуге, масло при этом можно подогреть до 50°C.

Масло для малых трансформаторов (до 50 kVA) можно просушивать на огне, залив его в чистый металлический бак, положенный в другой бак с промежуточной прослойкой песка. Песок предохраняет масло от пригорания, так как на огне нагревается только наружный бак.

Можно сушить масло и электрическими нагревателями, но при этом возможна порча масла (см. выше) за счет перекада проводов и пригорания масла.

Высушенное масло желательно немедленно же заливать в только что просушенный трансформатор.

Пробный пуск машин и трансформаторов нужно осуществлять очень осторожно. Трансформатор включается на пониженное напряжение, которое потом постепенно повышают равными интервалами через 5—10 минут, доводя до полного в течение 1—2 часов.

Нагрузка же дается трансформатору через 1—5 часов холостой работы.

Перед пуском машин нужно внимательно просмотреть их и убедиться в отсутствии в них посторонних предметов и грязи. Генераторы пускаются в холостую и постепенно (высоковольтные в течение 1—1½ часа) доводятся до нормальных оборотов и нормального напряжения. Холостая работа генераторов должна быть в течение нескольких часов, а при больших мощностях и нескольких суток.

Малые моторы (до 50 kW) и низкого напряжения, если они готовы к пуску, могут сразу включаться на холостой ход; для больших же и высоковольтных напряжение поднимается постепенно.

Проверивши правильную работу машин вхолостую, их можно постепенно вводить под нагрузку, а затем в течение некоторого времени (от 2 часов до 3—4 суток) ведется только внимательное наблюдение за исправной работой машин.

Примечание. Корпуса электрических машин при высоком напряжении и кожухи трансформаторов должны быть заземлены. Корпуса моторов в установках 380/200 V с заземленной нейтралью должны быть «занулены», т. е. соединены с нулевым проводом.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА УСТАНОВОК 380/220 X с ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

§ 25. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных (кузница, мастерские, прачечные и пр.) металлические части, не относящиеся к электрической цепи, но являющиеся составной частью электрического устройства и расположенные вблизи электрических цепей или могущие с последними притти в соприкосновение (корпуса моторов, каркасы щитов и т. д.) должны быть заземлены или предпочтительней занулены, т. е. соединены с заземленным нулевым проводом.

Вне электромашинных помещений распределительные щитки, прикрепленные непосредственно к стене, должны быть защищены общим кожухом (металлическим) от прикосновения к токоведущим частям.

Применение открытых рубящих выключателей совершенно недопустимо, рубильники должны иметь кожухи без прорезей для ручки рубильника.

Выключатели должны устанавливаться на фазном, а не на нулевом проводе. Металлические крышки выключателей должны запудяться или заземляться так же, как и корпуса штепсельных розеток.

Штепсельные розетки должны быть так устроены, чтобы была исключена возможность замены контактов нулевого и фазного провода.

Винтовую гильзу патронов необходимо соединять с нулевым, а не фазным проводом.

Для осуществления вышеуказанных требований должны употребляться шнуры с различной окраской наружных оплеток обеих жил, а неподвижно проложенные изолированные провода должны снабжаться отличительными знаками (краска, тип опоры, способ вязки и т. д.).

Другие основные требования в установках 380/220 V с заземленной нейтралью учтены в соответствующих частях.

§ 26. Согласно §19 Э. П. и Н. состояние изоляции электрических устройств должно соответствовать условиям эксплуатации; измерение сопротивления изоляции нужно производить по возможности при напряжении, равном рабочему напряжению, и во всяком случае при напряжении не менее 100 V. Сопротивление изоляции отдельных участков должно быть не менее 1 000 ом, помноженных на число вольт рабочего напряжения (например 220 000 ом, при 220 V рабочего напряжения).

Измерять сопротивление изоляции различных участков сети следует индукторами (мегаерами).

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкции Союзсельэлектро.
2. Инструкции Главэнерго.
3. Справочник по электромонтажным работам Энергоцентра, изд. НГТИ, Москва, 1931 г.
4. Справочная книга для расценки электромонтажных работ. Главэлектро, Москва, 1925 г.
5. Электротехнические правила и нормы, изд. ВЭО, 1931 г.
6. АЕГ. Электричество как источник света и силы, изд. ВИНТ, Берлин, 1924.
7. Руководство Сименса, Эл. оборудование световых и силовых установок, изд. Сименс-Шуккарт, Берлин, 1924 г.
8. П. Ф. Соловьев. Монтаж изолированных проводов, изд. ГЭИ, Москва, 1932 г.
9. С. А. Кабанов. Монтаж электрических машин, изд. КУВУЧ, Ленинград, 1931 г.
10. Журнал «Электрификация и электромонитор» за 1932 г.

ОТДЕЛ ДВЕНАДЦАТЫЙ

ЭЛЕКТРОПРИВОД

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

§ 1. Электроприводом называется комбинация электродвигателя с рабочей машинной-орудием, включая передаточный механизм (ременная, зубчатая или иная передача и т. п.).

Электропривод может быть: 1) групповым, если от одного мотора приводится в действие несколько машин-орудий; 2) одиночным, если приводится в действие одна машина-орудие одним электродвигателем; 3) многодвигательным, или многомоторным (функциональным), если несколько моторов приводят в действие одну машину-орудие; 4) индивидуальным, если электродвигатель имеет специальное исполнение, применительно к требованиям данного орудия, отличается от обычного нормального исполнения, а также составляет часть рабочего орудия.

Наибольшее распространение имеют два первых типа привода: групповой и одиночный.

Одиночный привод имеет перед групповым ряд преимуществ:

- а) большая приспособляемость к производственному процессу и в связи с этим повышенная производительность;
- б) отсутствие потерь при остановке машины-орудия, так как двигатель в этом случае тоже не работает;
- в) возможность применения более совершенной электрической регулировки скорости и упрощение конструкции рабочей машины-орудия;
- г) порча электропривода вызывает простой только одной машины-орудия, а не целой группы;
- д) произвольное размещение машин-орудий в соответствии с требованием производственных процессов, так как размещение их не связано трансмиссией.

К числу недостатков следует отнести более высокую стоимость как электропривода, так и распределительной сети.

§ 2. Выбор рационального привода сводится к выявлению следующих основных моментов:

1. Выявление и установление основных данных по рабочей машине-орудию и способа соединения ее с электродвигателем.

Сюда входят: установление необходимости регулировки скорости рабочей машины-орудия и способа ее осуществления, в передаточном механизме или в электродвигателе и выбор схемы

передачи от электродвигателя к рабочему орудью (тип передачи) с определенением пределов регулировки электродвигателя, если таковая необходима.

2. Выбор типа электродвигателя с установлением основных электрических и конструктивных его свойств. Сюда входят: выбор рода тока, установление необходимости применения синхронного, асинхронного, сериесного или шунтового и другого типа электродвигателя и определение его конструктивного выполнения — открытый, защищенный, закрытый и т. д. в зависимости от условий эксплуатации. Обычно в условиях сельского хозяйства одновременно производят выбор и напряжения для питания электродвигателя.

3. Выбор мощности и механических свойств электродвигателя.

4. Выбор способа канализации энергии, защитной и пусковой аппаратуры и аппаратуры управления и напряжения для питания электродвигателя.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

§ 3. Наиболее распространенными передачами являются:

- 1) ременная передача (значительно реже каучковая и стальной лентой);
- 2) зубчатая передача цилиндрическая и коническая и цепная (Галля, Ренольда и т. п.);
- 3) передача винтовыми колесами (червячная) и
- 4) фрикционная.

В последнее время довольно сильное распространение стала получать «гидравлическая» передача как представитель наиболее совершенных регулируемых передач.

Основными моментами, определяющими выбор схемы передачи от мотора к рабочему орудью, а этим и определение типа передачи, будут:

- 1) скорость передачи в м/сек., определяющая возможность применения того или иного типа,
- 2) передаточное отношение

$$i = \frac{n_1}{n}$$

где n_1 — число оборотов рабочей машины-орудия и

n — число оборотов электродвигателя,

- 3) необходимость регулирования числа оборотов механической передачи при постоянном числе оборотов электродвигателя,
- 4) передаваемая мощность,
- 5) необходимость эластичности передачи, смягчающей удары,
- 6) реверсирование передачи, т. е. переключение на обратный ход.

7) компактность и экономичность установки в целом.

§ 4. Ременная передача имеет в промышленности почти исключительное применение при групповом приводе; в условиях сельского хозяйства применяется и для одиночных приводов.

Основные достоинства передачи: простота изготовления, дешевизна, несложность ухода в процессе эксплуатации, эластичность передачи, возможность ступенчатого, а в некоторых случаях и плавного (передача Airiator) изменения скорости, реверсирования и остановка отдельных орудий (холостые шкивы).

К числу недостатков относятся: промоздкость передачи, недостаточно большие передаваемые мощности и окружные условия — непостоянство числа оборотов, негигненичность, необходимость постановки ограждений и т. п.

Наилучшим расположением ременной передачи следует считать горизонтальную, с ведущей нижней частью ремня. В этом случае провисающая, верхняя часть ремня (ведомая) дает наибольший угол обхвата малого шкива.

Наибольшие допустимые передаточные отношения i для различного выполнения ременной передачи указаны на рисунке 107.

РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРИВОДА	НАИВ. ДОПУСТ. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ОТНОШЕНИЕ		
	1 шкив	2 шкива	3 шкива
ПОЧТИ ГОРИЗОНТ.	1,4	1,8	2,3
КОСЫЕ ШКИВ	1,8	2,5	3,1
КОСЫЕ ОБРАТ.	2,1	2,7	3,4
ВЕРТИК. ОБРАТ. НАП. ПРИВОД	2,1	2,7	3,4

Рис. 107.

Величина наименьшего расстояния между осями шкивов даны ниже, так же как и величина передаваемой мощности одним сантиметром ремня.

Коэффициент полезного действия передачи с учетом трения в цапфах и подшипниках для одноступенчатой передачи в предварительных подсчетах может быть принят равным — 0,9.

Потери в ременной передаче складываются из потерь от перегиба ремня (0,5—1% от передаваемой мощности), скольжения ремня (около 2%), трения о воздух (порядка 2%) и трения в подшипниках (1—4%, в зависимости от конструкции и ухода)

Передаточное отношение

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{D_2}{D_1},$$

где n_1 и n_2 — числа оборотов шкивов и r_1 и r_2 и D_1 и D_2 — соответственно радиусы и диаметры шкивов. Обычно i берется не больше 1:5.

Мощность в клапанатах, передаваемая I с м ширины однокорного ремня

Диаметр наибольшего шлица (в миллиметрах)	Ч и с л о о б о р о т о в в м и н у т у												
	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 500
50	—	—	—	—	—	—	—	0,052	0,052	0,059	0,059	0,059	0,075
75	—	—	—	—	0,066	0,073	0,080	0,088	0,095	0,103	0,11	0,118	0,132
100	—	—	—	0,059	0,080	0,088	0,110	0,125	0,140	0,147	0,161	0,176	0,210
125	—	—	0,66	0,088	0,118	0,14	0,154	0,17	0,19	0,22	0,235	0,26	0,3
150	—	0,066	0,088	0,118	0,147	0,176	0,21	0,24	0,27	0,3	0,32	0,37	0,44
175	0,059	0,088	0,118	0,147	0,19	0,23	0,28	0,32	0,37	0,41	0,46	0,49	0,59
200	0,073	0,11	0,147	0,185	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,55	0,61	0,68	0,81
225	0,087	0,13	0,175	0,23	0,29	0,37	0,44	0,52	0,59	0,67	0,75	0,84	1,03
250	0,103	0,155	0,22	0,28	0,37	0,46	0,55	0,65	0,73	0,84	0,94	1,07	1,32
275	0,118	0,19	0,27	0,34	0,44	0,55	0,67	0,79	0,93	1,06	1,2	1,32	1,62
300	0,132	0,22	0,31	0,4	0,53	0,67	0,84	0,96	1,13	1,29	1,45	1,6	1,9
325	0,155	0,27	0,37	0,48	0,62	0,77	0,93	1,12	1,3	1,5	1,68	1,86	—
350	0,175	0,31	0,44	0,56	0,72	0,9	1,08	1,3	1,5	1,73	1,97	2,24	—
400	0,24	0,41	0,57	0,73	0,93	1,16	1,38	1,65	1,93	2,22	2,5	—	—

Наименьшее допустимое расстояние между осями шин (в мм)

Диаметр меньшего шкива (в миллиметрах)	Диаметр большего шкива (в миллиметрах)										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200
50	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,9	2,2	2,4	2,75	2,9
100	—	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75
150	—	—	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6
200	—	—	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5
250	—	—	—	0,6	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4
300	—	—	—	0,5	1,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
350	—	—	—	—	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1
400	—	—	—	—	0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
450	—	—	—	—	—	0,75	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9
500	—	—	—	—	—	0,7	0,9	1,0	1,25	1,5	1,75

Необходимый диаметр шкива подбирается из соотношения:

$$D_1 = D_2 \frac{n_2}{n_1}$$

Подбор ширины ремня можно произвести пользуясь помещаемой (—) таблицей мощностей, передаваемой 1 см ремня; причем ремень шириной в 5, 10 и т. д. сантиметров ширины передает соответственно в 5, 10 и т. д. раз большую мощность.

Для увеличения передаточного отношения применяются оттяжные ролики, называемые «Лениксами».

Для подсчета передаваемой мощности при натяжных роликах можно руководствоваться нижеследующей таблицей мощностей, передаваемой 1 см одинарного ремня при установке натяжного ролика.

Мощность в киловаттах, передаваемая 1 см. одинарного ремня при установке натяжного ролика

Диаметр малого шкива (в миллиметрах)	Скорость ремня в м/сек.										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
100	0,2	0,3	0,45	0,65	0,8	1,05	1,2	1,5	1,6	2,15	2,8
200	0,26	0,4	0,6	0,85	1,15	1,4	1,55	1,8	2,1	2,7	3,6
300	0,4	0,55	0,8	1,1	1,45	1,8	2,1	2,4	2,7	3,6	4,7
400	0,5	0,6	0,9	1,25	1,55	2,0	2,2	2,45	2,95	4	5
500	0,55	0,7	1,05	1,45	1,85	2,2	2,5	2,6	3,2	4,4	5,8
600	0,58	0,75	1,1	1,55	1,9	2,25	2,6	2,85	3,35	4,6	6
800	0,62	0,82	1,3	1,8	2,1	2,6	2,9	3,3	3,75	5	6,6
1 000	0,7	0,9	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1	3,45	4	5,3	7

При установке натяжных роликов к. п. д. благодаря уменьшению натяжения ремня, а с ним и давления на подшипники почти не изменяется.

Наличие двойного перегиба ремня вызывает значительное сокращение срока его службы.

Ролик должен быть установлен обязательно на ведомой части ремня (не натянутой), а не на ведущей. Максимальная скорость передачи до 50 м/сек.

§ 4а. Передача Тексрор. В 1933 г. Резиноасбестовым объединением освоено производство специальных ремней трапецидального сечения.

Ремень состоит из хлопчатобумажных нитей, пропитанных резиной и покрытых сверху несколькими слоями прорезиненной ткани. Для выполнения передачи шкивы должны иметь желоба трапециевидального сечения.

Благодаря большому разрывному усилию ремней и увеличению сцепления со шкивами из-за заклинивания их, возможно применение передачи на мощность до 200 л. с. и выше.

По сравнению с обычной ременной передачей, передача Тексрон имеет ряд преимуществ:

а) возможность сокращения расстояния между осями шкивов до минимума, так как она от него не зависит;

б) меньший вес передачи из-за облегчения шкивов и самого ремня;

в) увеличение передаточного отношения до 1 : 10;

г) независимость от расположения шкивов (наклонное, вертикальное или горизонтальное);

д) возможность применения для мощности свыше 200 квт.

Коэффициент полезного действия передачи 0,95.

Мощность в квт, передаваемая одним ремнем Тексрон, при угле охвата 180° (по данным Резинноасбестового объединения).

Таблица мощности, передаваемой ремнями Тексрон

Скорость передачи в м/сек.	Мощность, передаваемая одним ремнем, в квт при угле обхвате в 180°				
	Тип А $a = 8,5$ $b = 12,5$	Тип Б $a = 11$ $b = 16,5$	Тип В $a = 16$ $b = 22$	Тип Г $a = 19$ $b = 32$	Тип Д $a = 25$ $b = 38$
2	0,59	0,79	1,9	3,3	4,8
2,7	0,66	0,9	2,2	3,7	5,4
3,0	0,73	0,95	2,45	4,4	6,0
3,3	0,79	1,03	2,5	4,75	6,5
3,6	0,89	1,1	2,7	5,2	7,0
3,9	0,9	1,18	3,75	5,5	7,6
4,2	0,95	1,33	3,0	6,0	7,9
4,5	1,03	1,38	3,2	6,3	9,0
4,8	1,1	1,4	3,4	6,6	9,4
5,1	1,18	1,48	3,6	7,0	9,5
5,4	1,25	1,7	3,75	7,1	10,0
6,0	1,33	1,83	4,35	8,0	11,0

§ 5. Стальная ленточная передача имеет ряд преимуществ перед ременной и канатной. Максимальная скорость передачи может быть доведена до (—) V 30 м/сек. с доведением к. п. л. до 0,98.

Передача стальной лентой требует расстояния между шкивами не меньше $\frac{3}{4}$ от скорости передачи, а также, чтобы диаметр наименьшего шкива был не меньше 350 мм.

Толщина стальных лент берется от 0,2 до 1 мм при ширине 32—250 мм. Шкивы должны быть без выпуклостей (строго цилиндрические) и иметь точную, параллельную установку.

Предельная скорость передачи нормально 20 м/сек.

§ 6. Зубчатая передача получила наибольшее распространение в промышленности для одиночного привода и дает жесткое соединение двигателя с рабочим орудием-машиной.

К числу основных достоинств передачи нужно отнести: компактность установки, более высокий к. п. д. по сравнению с ременной передачей, долговечность, невысокие эксплуатационные расходы, синхронность оборотов, передача больших мощностей и значительных окружных усилий и др.

В числе основных недостатков передачи следует отметить: высокую первоначальную стоимость, сложность изготовления, жесткость соединения с мотором и пр.

Зубчатые передачи бывают цилиндрические — с прямыми и наклонными зубьями для параллельной установки валов — и конические — для передачи под углом.

Последние требуют обязательной установки упорных подшипников для компенсации имеющихся место осевых усилий.

Коэффициент полезного действия передачи зависит от материала и качества изготовления.

При обработанных зубьях и плохой смазке подшипников $\eta \approx 0,89$, фрезерованные зубья при кольцевой смазке подшипников $\eta \approx 0,94$ тоже, но при работе в масляной ванне $\eta \approx 0,96$; при фрезерованных зубьях и шариковых подшипниках $\eta \approx 0,98$. Конические и шевронные передачи имеют к. п. д. ниже цилиндрических.

Передачное отношение: колеблется в пределах от 1:4 до 1:10. Обычно берут не больше 1:5.

При изготовлении необходимо обращать внимание на качество нарезки, во избежание возникновения ударов из-за плохой нарезки, что вредно отражается на работе установки в целом. В этом отношении нарезка шестерен червячными фрезерами дает более хорошие показатели. Отклонения в нарезке по толщине зуба и шаг делительной окружности не должны выходить за пределы нормальных допусков.

При монтаже шестерен необходимо тщательно проверять правильность установки и давать возможно более плотную посадку.

Закрепление шестерен на валах должно быть плотным и надежным во избежание перекосов и выкрашивания или поломки зубьев.

Колеса с необработанными зубьями (литье) допускаются при окружных скоростях меньших 2,5 м/сек., обработанные от 6,5 до 4 м/сек. и с нарезкой фрезой свыше 4 м/сек.

Наибольшая допустимая скорость по окружности колеса:
 для чугунных колес 5 м/сек.,
 для колес из фосфористой бронзы 8 м/сек.,
 для кожаных колес в сцеплении с чугунными или стальными
 выше 8 м/сек.

Передаточное отношение

$$i = \frac{r_1}{r_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Md_1}{Md_2}$$

где, r , z , и Md соответственно радиус, число зубьев, число оборотов и вращающие моменты. Шаг t — на делительной окружности зубьев $t = \pi M$, где M — модуль. Наименьшее число зубьев для приводных колес должно быть не меньше 24; в лебедках допускается применение колес с 10—11 зубьями.

§ 7. Червячная передача применяется при необходимости иметь большое передаточное отношение, которое может доходить до 1:75 и даже до 1:100.

Повышение передаточного отношения ведет к снижению к. п. д. установки. С изменением передаточного отношения от 1:75 до 1:16 к. п. д. изменяется в пределах от 0,30 до 0,85.

В зависимости от угла наклона червяка α и коэффициента трения μ для определения к. п. д. ниже приводится таблица.

Угол подъема	4°	6°	8°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Железо по железу $\mu = 0,15$	0,29	0,35	0,44	0,48	0,56	0,6	0,62	0,64	0,65	0,66
Железо по стали или чугуну $\mu = 0,1$	0,37	0,45	0,52	0,57	0,64	0,68	0,70	0,73	0,75	0,755
Сталь по бронзе $\mu = 0,05$	0,54	0,6	0,66	0,69	0,74	0,77	0,8	0,82	0,83	0,835

Червячная передача является одной из самых дорогих по сравнению с другими типами передач, к числу недостатков ее следует отнести: чрезмерный износ червяка, необходимость тщательного изолирования от пыли и грязи, необходимость компенсации значительных осевых усилий в червяке и наличия специального оборудования со сложностью изготовления.

Передача дает жесткое соединение валов и имеет преимущественное распространение в одиночном приводе при равномерной нагрузке.

Передаточное отношение:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{m}{z},$$

где n_2 — число оборотов колеса в минуту,

n_1 " " " винта

m " " ниток винта,

z " " зубьев колеса.

§ 8. Фрикционная передача имеет применение исключительно в одиночном приводе для небольших мощностей. Передаточное отношение до 1:15. Коэффициент полезного действия колеблется в зависимости от принятого типа и конструктивного выполнения от 0,7 до 0,85.

Основные достоинства: возможность пуска двигателя взрывостойкую, дешевизна изготовления, простота устройства и компактность.

К числу недостатков следует отнести: чрезвычайно малую передаваемую мощность, чрезмерный износ трущихся поверхностей, низкий к. п. д. передачи и необходимость компенсации осевых или радиальных (весьма значительных) усилий.

Выполнение фрикционной передачи бывает: цилиндрическими колесами при параллельных осях; двойными коническими колесами при параллельных осях (глубина жолоба должна быть не больше 10 мм) и коническими колесами при пересекающихся осях.

Передаточное отношение

$$i = \frac{r}{R},$$

где r и R — радиусы колес (для конических колес — средние радиусы). В случае нажатия цилиндрических плоскостей величина прижимающего усилия Q должна быть не меньше.

$$\frac{P}{\mu},$$

где P — передаваемое окружное усилие (в килограммах),

μ — коэффициент трения для трущихся поверхностей.

В 1933 г. Резиноасбестовым объединением освоено производство специальных цилиндрических резиновых ободов, которые надеваются на шкивы. Благодаря применению резины (увеличенному коэффициенту трения резины по резине) предел применения передач расширяется до мощности в 20 л. с., причем давление на подшипники при этом только незначительно превосходит такое же при (—) нормальной установке с другими видами пере-
дач.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ СОЕДИНЕНИЕ

§ 9. Непосредственное соединение электродвигателя с рабочим орудием-машиной производится в случае совпадения числа их оборотов. Соединение имеет коэффициент полезного действия, равный 1 (без потерь), и занимает минимум места.

Соединение осуществляется муфтами.

По характеру работы различают:

Жесткие муфты, устанавливаемые при спокойной, безударной нагрузке, и эластичные, устанавливаемые при наличии ударной нагрузки для смягчения ударов.

По конструктивному выполнению различают муфты глухие и разъемные.

В нижеследующей таблице даны типы муфт, получивших наибольшее распространение.

Типы наиболее распространенных муфт

По характеру передачи	По конструктивному выполнению	Типы муфт, имеющие наибольшее распространение
Жесткие	Глухие, неразъемные муфты	Дисковая, патронная, Селлера с затяжными конусами и соединительными втулками на болтах
	Муфты, допускающие удлинение валов	Кулачковая и все разъемные
	Разъемные	Зубчатая муфта
Эластичные	Глухие, неразъемные муфты	Пальцевая — кожаная и резиновая, с зигзагообразным расположением ремня, центробежные муфты
	Разъемные	Фрикционные муфты: дисковая, коническая и электромагнитная

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В разделе «Машины» приводятся данные, характеризующие тот или иной тип электродвигателя со стороны их электрических свойств.

Ниже дана классификация электродвигателей с указанием их конструктивных и эксплуатационных свойств. Пользуясь таблицей, необходимо иметь в виду следующее:

§ 10. Открытыми называются электродвигатели, у которых доступность внутренних частей совершенно не затруднена. Стоимость этих двигателей самая низкая. Отступления от применения этого типа должны быть оправдываемы особыми соображениями.

§ 11. Защищенными называются электродвигатели, у которых обмотки, вращающиеся части и части, находящиеся под напряжением, защищены от случайных прикосновений и попаданий в них посторонних тел (стружка и т. п.). Пыль, влажность и газы, содержащиеся в воздухе, свободно проникают внутрь электродвигателя; защита электродвигателя от дождя, брызг и от капель осуществляется устройством специальных жалюзи и щитов.

Этот тип электродвигателей тяжелее открытого типа на 10% и дороже на 5—15%.

§ 12. Закрытые электродвигатели не являются абсолютно герметическими. Отверстия в них защищены крышками, препятствующими проникновению воздуха в машину и обратно.

Этот тип электродвигателей тяжелее открытых на 100—140%. Благодаря ухудшенному охлаждению конструктивно номинальный предел мощности этих электродвигателей около 150 кВт.

§ 13. Закрытый тип с принудительным охлаждением кожуха. Принцип устройства сводится к тому, что корпус электродвигателя омывается воздухом от вентилятора, укрепленного на его валу снаружи двигателя, причем вентилятор внутри так же имеется.

По своей конструкции двигатель является закрытым. Устройство искусственного охлаждения преследует цель повышения теплоотдачи кожуха.

Разновидностью этого типа являются:

§ 14. Закрытые вентилируемые электродвигатели, отличающиеся подводом охлаждающего воздуха извне. Воздух подается внутрь электродвигателя из другого помещения,

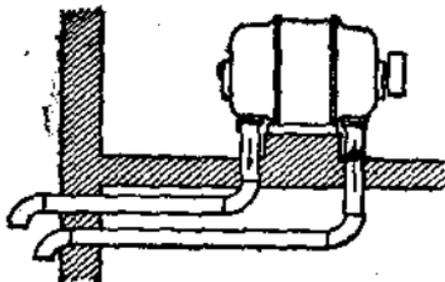


Рис. 108. Установка электродвигателя закрытого вентиляруемого типа.

Таблица классификация электродвигателей

По роду тока	Тип электродвигателя	Основные свойства электродвигателя	Выполнение для всех типов по конструкции	
			по изоляции	по конструкции
Постоянный ток	Серийный	Большой начальный вращающий момент, способность к перегрузке, хороший пуск в ход при сильно пониженном напряжении, трудность рациональной постепенной регулировки числа оборотов и „разнос“ при отсутствии нагрузки	1) нормальная 2) противосырная 3) кислотостойкая 4) огнеупорная 5) усиленная	1) открытый 2) защитный 3) закрытый с естественным охлаждением 4) закрытый с принудительным охлаждением 5) с защитой против взрыва газов
	Шунтовой	Большой начальный вращающий момент, способность к перегрузке, приблизительно постоянное число оборотов при разных нагрузках и рациональная регулировка числа оборотов		
	Компаундный	Большой начальный вращающий момент, способность к перегрузке, рациональная регулировка числа оборотов		

Продолжение

По роду тока	Тип электродвигателя	Основные свойства электро-двигателя	Выполнение для всех типов по конструкции	
			по изоляции	по конструкции
Переменный трехфазный ток	Асинхронные индукционные электродвигатели с фазным ротором	Большой начальный вращающий момент. Способность к перегрузкам, приближительное постоянное число оборотов при разных нагрузках. Простая конструкция и несложность ухода, возможность изменения выходных напряжений (до 6000 V), отсутствие коллекторов, ограниченность в выборе числа оборотов и их регулировки, чувствительность к колебаниям напряжений	1) нормальная	1) открытый
			2) усиленная	2) защищенный
Однофазный ток	Асинхронные короткозамкнутые	То же, что с контактными кольцами, но с меньшим начальным вращающим моментом, еще большей простотой конструкции и невозможностью регулирования числа оборотов без специального исполнения	2) противосырная	3) закрытый с естественным охлаждением
	Коллекторные	То же, что асинхронные с контактными кольцами, но с возможностью плавной регулировки числа оборотов в широких пределах	3) кислотопупорная	4) закрытый с принудительным охлаждением
	Синхронные	Постоянное число оборотов, необходимость пуска на холостом ходу, необходимость в наличии постоянного тока и возмoжность применения в качестве регулятора фаз	4) огнеупорная	5) с защитой против взрыва газов

При длине подводных труб до 20 м возможно обойтись без дополнительного вентилятора (только вентилятором на роторе электродвигателя).

На рисунке 108 дана установка такого электродвигателя, нижеследующая таблица дает ориентировочные сечения подводных каналов для воздуха.

Мощность электродвигателя л. с.	8	8	12	17	23	35	46	55	70
Число об/мин.	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 000	1 000	1 000	1 000
Наименьшее сечение трубы (в см)	100	160	200	230	250	350	400	450	550

Примечание. Таблица составлена для гладкостенных металлических труб.

Применение типов электродвигателей в зависимости от условий эксплуатации

1. Сухое, не пыльное помещение
Открытый тип „Т“, „И“, „КТО“, „И2“, „АТ“, „ТАК“, „ТА“ и „М“
2. То же, но есть опасность попадания посторонних предметов (стружки, осколки и т. п.)
Открытый тип, защищенный решеткой на щитовых отверстиях
3. То же, но есть опасность попадания брызг
Полузакрытый электродвигатель с вентиляцией
4. Легкая пыль в сухом воздухе
Полузакрытый с фильтром и жалюзи
5. Сильная пыль или влажный воздух
Закрытый электродвигатель или с принудительным охлаждением или вынос электродвигателя в соседнее помещение. Типы: „ИЗО“, „УТ“, „БАО-2“, „аРRV“, „КП“ и „КТ“
6. Сильная пыль
Закрытый электродвигатель с принудительным охлаждением. Типы — те же, что в § 5
7. Химическое воздействие
То же, что в предыдущем случае, но с кислотоупорной изоляцией, либо вынос в другое помещение

8. Установка на открытом воздухе — Закрытый электродвигатель надежнее с крышей для защиты от осадков. Типы: „БАО-2“, „УТ“, „ИЗО“
9. Высокая температура — Огнеупорная (минеральная) изоляция

§ 15. Противосыровостная изоляция выполняется пропиткой обмоток в масле, а при особо сильной влажности — асфальтированием.

§ 16. Кислотоупорная изоляция выполняется эмалированием обмотки и предназначается для защиты обмотки от воздействия едких газов.

§ 17. Огнеупорная изоляция для защиты от температурных воздействий выполняется из минеральных веществ: асбест, слюда и т. п.

§ 18. Усиленная изоляция ставится при высоких напряжениях (в высоковольтных моторах) для защиты от пробивания.

Общие данные в отношении удорожания электродвигателей при применении специальных типов изоляции: усиленная изоляция на 2—3% и специальная на 5—15%.

В отношении вентиляции различают:

- а) электродвигателя с естественной вентиляцией кожуха,
- б) электродвигатели с самовентилирующей кожуха при помощи вентилятора на валу мотора, расположенного снаружи двигателя,
- в) принудительная или независимая вентиляция от отдельного привода.

В таблицах на стр. 218 даны основные данные электродвигателей.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ВЫБОР МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

§ 19. Общие указания и классификация нагрузок. При определении потребной мощности электродвигателя необходимо исходить из следующего:

Электродвигатель должен иметь достаточный вращающий момент при всех режимах нагрузки, при этом нагрев отдельных частей его не должен превосходить допустимых значений (в зависимости от примененного материала).

§ 20. При выборе мощности электродвигателя различают следующие режимы работы:

1. Продолжительный режим работы, при котором нагрузка не изменяется и рабочий период настолько велик, что нагрев машины достигает своего установившегося состояния.

2. Кратковременный режим работы, при котором нагрев машины не достигает установившегося состояния, а перерывы в работе настолько велики, что имеется полное охлаждение машины.

Таблица 1 асинхронных, трехфазных, открытых
(шкала мощностей, пределы)

Номинальная мощность двигателя в		Синхронное число оборотов в минуту n_s						Номинальное					
								при рабочем соединении				в звезду λ	
кВт	л. с. (приблизительно)												
0,10	0,14	3 000	1 500	1 000	—	—	—	125	220	—	—		
0,25	0,34	3 000	1 500	1 000	—	—	—	125	220	—	—		
0,52	0,70	3 000	1 500	1 000	—	—	—	125	220	—	—		
1,00	1,35	3 000	1 500	1 000	750	—	—	125	220	—	—		
1,75	2,4	3 000	1 500	1 000	750	—	—	—	220	380	—		
2,85	3,9	3 000	1 500	1 000	750	—	—	—	220	380	500		
4,5	6,1	3 000	1 500	1 000	750	—	—	—	220	380	500		
6,8	9,3	3 000	1 500	1 000	750	—	—	—	220	380	500		
10,0	13,6	3 000	1 500	1 000	750	—	—	—	220	380	500		
14,5	19,7	3 000	1 500	1 000	750	600	—	—	220	380	500		
20,5	28,0	3 000	1 500	1 000	750	600	500	—	220	380	500		
29,0	39,5	3 000	1 500	1 000	750	600	500	—	220	380	500		
40,0	54,5	3 000	1 500	1 000	750	600	500	—	220	380	500		
55	75	3 000	1 500	1 000	750	600	500	—	220	380	500		
75	102	3 000	1 500	1 000	750	600	500	—	220	380	500		
100	136	3 000	1 500	1 000	750	600	500	—	220	380	500		

¹ Таблица заимствована из книги проф. Ринкевич «Электрическое распределение»

Отношения $\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$; $\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$ и $\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$ даны для номинального напряжения

электродвигателей с короткозамкнутым ротором
исполнения и основные данные)

напряжение статора в вольтах				Отношение пускового тока статора к номинальному ¹		Отношение $M_{пуск}$ к $M_{ном}$	Отношение вращающего момента к номинальному вращающему моменту ¹ J	
соединения обмоток статора				3 000 1 500 1 000	750 600 500		3 000 1 500 1 000	750 600 500
в треугольник Δ								
125	—	—	—					
125	—	—	—					
125	—	—	—	6,5	5,5	2,0		
125	—	—	—					
125	220	—	—				2,5 2,2	
125	220	—	—			1,7	до 1,6 до 1,6	
125	220	380	—					
125	220	380	500	7,0	6,0			
125	220	380	500					
125	220	380	500			1,3		
125	220	380	500					
125	220	380	500	8,0	6,5	1,0	2,5	
125	220	380	500				до 1,8	
125	220	380	500					
125	220	380	500					

вие механической энергии* и составлена по данным ГОСТ 679.

жения статора и рабочего соединения обмоток.

Таблица 1. Асинхронных электродвигателей трехфазного тока открытого типа с контактными кольцами (шкала мощностей, пределы исполнения и основные данные)

Номинальная мощность электродвигателя	Синхронное число оборотов в минуту	Номинальное напряжение статора в вольтх при рабочем соединении обмоток статора	в звезду		в треугольник Δ	Номинальное напряжение между контактами	Отношение максимального крутящего момента к номинальному крутящему моменту μ		
			в звезду Y	в звезду Y					
кВт	№	№	в звезду Y	в звезду Y	в звезду Y	в вольтх	3000, 1500 и 1000		
1,75	—	—	220	300	—	127	220	от 55 до 90	от 2,5 до 1,6 от 2,5 до 1,6 от 2,5 до 18
2,85	—	1 000	220	380	—	127	220	" 70 " 115	
4,5	—	1 500	220	380	—	127	220	" 90 " 150	
6,8	—	1 500	750	—	—	127	220	" 105 " 180	
10	—	1 500	750	—	—	127	220	" 140 " 240	
14,5	—	1 500	750	—	—	127	220	" 180 " 300	
20,5	3 000	1 500	750	—	—	127	220	" 190 " 350	
29	3 000	1 500	750	—	—	127	220	" 250 " 390	
40	3 000	1 500	750	600	—	127	220	" 140 " 175	
55	3 000	1 500	750	600	—	127	220	" 160 " 230	
75	3 000	1 500	750	600	—	127	220	" 230 " 360	
132	3 000	1 500	750	600	—	127	220	Будет установлен	
175	4 000	1 500	750	600	—	—	220	ден дополни-	
220	3 000	1 500	750	600	—	—	220	тельно	
300	3 000	1 500	750	600	—	—	220	380	
408	3 000	1 500	750	600	—	—	220	380	

1 Таблица взята из книги "Электрическое распределение механической энергии, проф. Радкевич, часть II, стр. 62"

2 Отношение моментов $\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = \mu$ при номинальном напряжении статора и рабочем соединении обмоток $M_{\text{ном}} =$

$\frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}$ кВт.

3. Повторно-кратковременный режим работы, при котором рабочий период регулярно чередуется с остановками.

§ 21. Номинальной мощностью электродвигателя называется та мощность, которую электродвигатель может развивать в течение любого промежутка времени без перегрева отдельных частей при номинальных подводимых напряжениях и чистоте. Эта мощность дается на шитке электродвигателя.

§ 22. Мгновенная перегрузочная мощность характеризует механические свойства электродвигателя и определяется отношением максимального вращающего момента к вращающему моменту, соответствующему номинальной мощности

$$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}} = \gamma.$$

При постоянном режиме нагрузки номинальная мощность электродвигателя должна быть не меньше (правильно, если равна) мощности нагрузки.

При повторнократковременном режиме нагрузки мощность электродвигателя по нагреву определяется условием, что тепло, выделенное внутри электродвигателя за один цикл, должно равняться теплу, выделяемому электродвигателем при нагрузке, соответствующей номинальной мощности за тот же промежуток времени. Продолжительность цикла не должна быть больше 10 минут.

Выбранная по условию нагрева мощность электродвигателя должна быть проверена на перегрузочную способность, из условия, что максимальный нагрузочный момент должен быть меньше максимального момента электродвигателя (не номинального, а опрокидывающего). То же необходимо проверить для момента пуска отдельно.

Продолжительностью включения электродвигателя при повторнократковременном режиме работы называется отношение

$$\epsilon \% = \frac{100 \cdot a}{a + b} = \frac{\text{время работы} \cdot 100}{\text{время работы} + \text{пауза}} \%$$

Величина ϵ характеризует условия работы электродвигателей и их перегрузочные свойства. Электродвигатели для повторнократковременного режима работы строятся для ϵ , равного 15,25 и 40% (крановые электродвигатели типов «КП», «КТ», «КТО»).

В нижеследующих таблицах даны примерные мощности, потребляемые различными орудиями и машинами, не вошедшими в соответствующие разделы справочника. Мощности машин и орудий с.-х. назначения приводятся при их описании.

**Мощности, необходимые для вертикальных лесопильных рам
(по Hütte)**

Диаметр бревна в мм	Ход пилы в мм	Скорость пилы в м/мин.		Мощность при наибольшем числе пил в кВт	
		Нормальная	Быстроходная	Нормальная	Быстроходная
400	370—430	3,7	4,3	16	19
500	420—470	3,8—3,9	4,5—5	22	26,5
600	450—500	3,8—3,9	4,5—5	26,5	30
700	500—550	3,8—3,9	4,6—5,5	29,5	34
800	520—570	3,7—3,8	4,35	35	41

Мощности, необходимые для круглых пил (по Hütte)

Диаметр пилы в мм	Толщина пилы в мм	Число об/мин. пилы	Мощность в кВт
300	1,45	3 360	2,2
400	1,85	2 800	3,7
500	2,25	2 300	5,2
600	2,6	1 900	6,6
700	2,9	1 600	8,1
800	3,25	1 400	9,6
900	3,5	1 180	11

Необходимая мощность токарных, сверлильных и строгальных станков следующая:

а) токарные станки с одним супортом

Высота центров в мм . . .	170	195	220	250	270	300
Мощность в кВт	1,0	1,1	2,0	2,5	3,0	3,5

б) сверлильные станки—легкие

Диаметр отверстия в мм . . .	20	30	42	50	60	75
Мощность в кВт	0,5	1,0	1,1	1,5	1,6	2,2

в) продольнострогальные станки

Ширина строгания в мм . . .	650	800	1 000
Длина строгания в мм	1,5—2	2—4	2,5
Скорость стола при работе в м/мин	9	8,4	8,4
Мощность в кВт	2,0	3,5	4,5

§ 23. Выбор мощности электродвигателя для группового привода. Мощность электродвигателя подсчитывается по формуле:

$$P_m = \left(\frac{\gamma_1 \cdot P_1}{\eta'_{пер}} + \frac{\gamma_2 \cdot P_2}{\eta''_{пер}} + \frac{\gamma_3 \cdot P_3}{\eta'''_{пер}} + \dots + \frac{\gamma_n \cdot P_n}{\eta^n_{пер}} \right) \gamma_0,$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ и т. д. — коэффициенты загрузки рабочей машины-орудия (величина, меньшая единицы), учитывающие, какая часть номинальной мощности станков используется P_1, P_2, \dots — номинальные мощности машин-орудий в киловаттах; γ_0 — коэффициент одновременности включения орудия $\eta'_{пер}$; $\eta''_{пер}$ — коэффициенты полезного действия механической передачи от рабочего орудия до электродвигателя (ременная передача, зубчатая и т. п.).

Величины $\eta_{пер} = \eta_1 \cdot \eta_2$, где η_1 — к. п. д. передачи от машины-орудия до трансмиссионного вала и η_2 — к. п. д. передачи от трансмиссионного вала до электродвигателя.

Проверку электродвигателя на перегрузочную способность (даже в момент пуска) обычно делать не приходится.

Коэффициент одновременности берется в зависимости от характера работы машин-орудий (повторнократковременный или продолжительное время) и колеблется от 0,3 до 0,95; ниже даны ориентировочные значения коэффициента γ и γ_0 .

	Коэффициент одновременности γ_e	Коэффициент загрузки γ
Для повторнократковременного режима работы орудий и машин (металлообрабатывающие станки) при числе их от 3 до 10	0,5—0,6	0,4—0,6
То же, но при числе, большем 10 . . .	0,3—0,4	—
Для продолжительного режима работы машин и орудий при числе от 3 до 5 .	0,95	0,8—0,9
То же при числе их от 5 и выше . . .	0,95	0,8—0,9

§ 24. Особенности выбора мощности электродвигателя для одиночного привода. При продолжительном режиме работы номинальная мощность электродвигателя выбирается равной (ближайшее большее значение по шкале мощностей) нагрузочной мощности.

При повторнократковременном режиме работы потребная мощность электродвигателя определяется по методу эквивалентной мощности

$$P_{\text{экив}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}} \text{ kW},$$

где P_1, P_2 — мгновенные нагрузочные мощности в kW.

Номинальная мощность электродвигателя берется равной эквивалентной мощности (ближайшее большее значение), т. е.

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{экив}}.$$

Выбранная по этому методу мощность электродвигателя должна быть проверена по перегрузочным свойствам электродвигателя как для случая максимальной нагрузки, так и для условия пуска в ход. Последнее особенно важно в том случае, если электродвигатель приводит в движение большие массы.

Проверка производится по формулам:

$$\frac{P_{\text{макс нагр}}}{P_{\text{ном}}} < \gamma \text{ или } M_{\text{макс нагр}} < M_{\text{макс}},$$

где $P_{\text{макс нагр}}$ — максимальная нагрузочная мощность,

$P_{\text{ном}} = P_{\text{экив}}$ — номинальная мощность электродвигателей,

$M_{\text{макс нагр}}$ — максимальный нагрузочный момент,

$M_{\text{макс}}$ — максимальный перегрузочный момент (для асинхронных электродвигателей опрокидывающий момент),

$$\gamma = \frac{M_{\text{макс}} \text{ максимальный перегрузочный момент}}{M_{\text{ном}} \text{ номинальный момент}}$$

Для асинхронных трехфазных электродвигателей с фазным ротором (контактными кольцами) — $J = 2-2,5$; для короткозамкнутых — $1,8-2$.

Для повторнократковременного режима работы при наличии сильных колебаний нагрузки, в целях сохранения постоянства колебаний нагрузки в сети, ставят маховые колеса (маховики). При этом нужно производить проверку для момента пуска электродвигателя в ход.

ОТДЕЛ ТРИНАДЦАТЫЙ

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПОЛЕВОДСТВА

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРОМОЛОТЬБА

Электромолотьба — применение электрического привода к молотилке. Потери зерна зависят от способа молотьбы. При ручной и конной молотьбе потери достигают 8—15%, при машинной (паровой и тракторной) молотьбе — 3—8% и при электромолотьбе — от 1,5 до 3%. Снижение происходит за счет равномерности работы электромотора и его специальных качеств — постоянной скорости вращения, способности выдерживать перегрузку до 50% нормальной мощности и мгновенную до 100% и возможности производить молотьбу круглосуточно. Расход масла на электромотор в 20 л. с. в день составляет 100 г. При электроприводе обмолачивается на 1,32% больше зерна, чем при других приводах. Скольжение ремня мотора происходит при небольших шкивах диаметром 22—33 см. Для предупреждения скольжения увеличивают скорость ремня от 12 до 16 м в секунду.

В случае использования мотора только для частичной нагрузки, можно рекомендовать для моторов 3-фазного тока, у которых при работе на нормальную мощность обмотки статора соединены в треугольник, переключить их на звезду. Благодаря такому переключению уменьшается магнитная индукция и насыщение железа, и увеличивается коэффициент полезного действия мотора на 3—5%.

§ 1. Средняя производительность молотилки на 1 л. с. от 65 до 75 кг в час в коллективных хозяйствах при сложных молотилках эта производительность должна быть удвоена.

Молотьба с электроприводом производительнее в 10 раз, чем работа цепом, в 1,25 раза, чем при локомотиве и в 1,2 раза, чем при двигателе внутреннего сгорания.

Для обмола 1 т зерна требуется: при электроприводе с мотором в 20 л. с. 26,4 человеко-часа.

При применении молотилки с электроприводом с механическим сталкиванием соломы, прессом для сена и элеватором требуется 10,5 человеко-часа.

§ 2. Сравнение производительности и стоимости при работе с молотилкой МК1100 на разных приводах (опыт производился в Старощербиновке Ейсского района в 1931 г.).

№ исследо- вания	Род тяги	Производи- тельность т в час	Стоимость в копейках	Примечание
1	Электромотор . . .	1,23	115,5	Цена энергии 9 коп/квт
2	Трактор	1,058	215	Цена горючего 10 коп/кг
3	Локомобиль	1,305	175	Цена соломы 10 коп/пуд

При одной и той же производительности молотилки стоимость обмола 1 т зерна обходится:

Род тяги	Стоимость в коп.	По отношению к тракторной тяге (в процентах)
Электромотор	88	58
Трактор	155	100
Локомобиль	158	102

Стоимость энергии в зависимости от рода двигателя и его мощности составляет:

Локомобиль	Дизель	Нефтяной двигатель	Трактор	Копый привод
------------	--------	-----------------------	---------	-----------------

(мощность в л. с.)

6-10-25-50 | 25-50-75-100 | 6-10-25-50 | 12/20-15/30-22/36-13/27 |

стоимость 1 квт/ч. в копейках

25-21,5 | 8,6-7,7-6,75 | 13,4-11-8,7 | 17-14-12-20 | 25
12,8-10,6 | 6,0 | 8,0

При электромотьбе тариф за энергию колеблется от 5 до 30 коп. за кВт/ч.

Расход энергии в зависимости от культуры дан в нижеследующей таблице.

Расход энергии в зависимости от культуры

Рожь	8,6—15	kWh на тонну
Пшеница	7—16	" " "
Овес	7,5—10	" " "
Ячмень	6,6—9,5	" " "
Гречиха	8—9,2	" " "
Просо	8—9,2	" " "
Кукуруза	1,5—2	" " "

Расход энергии также зависит и от урожая. Это подтверждается следующей таблицей.

Род злака	Расход энергии для обмолота 1 тонны	
	По нормам Глав-электро 1927 г.	По данным Всемирной конференции по энергетике 1929 г.
Рожь	12,5	14,34
Пшеница	11,0	18,10
Овес	10,0	10,00
Ячмень	9,5	9,86

Примечание. Последние данные взяты из немецких источников.

Во многих районах расчет обмолота ведется на снопы и колны.

	Вес снопа (в килограммах)
Озимых хлебов	8—12
Яровых	7—8
Бобовых	4—6

С 1 га получается в зависимости от района и урожая 10—20 копеек. Из копны (около 60 снопов) выходит в среднем 100—115 кг зерен.

§ 3. Мощность электромоторов для привода зависит от типа молотилок, от размера барабана и сложности молотилки. Потребная мощность европейских молотилок определяется произведением длины барабана, выраженной в футах, на диаметр барабана, тоже в футах, умноженных на число бид барабана и разделенных на 6. Чтобы определить число оборотов барабана и произвести подбор шкивов, исходят из линейной скорости барабана в 28—30 м/сек. Увеличение и уменьшение скорости бара-

бана плохо отражаются на молотье. При увеличении скорости на окружности барабана на 20% выше нормальной процент дробления зерна повышается с 2 до 5,5, при понижении линейной скорости на 20% ниже нормальной недомолот повышается до 12%.

Число оборотов барабана для молотилки определяется по следующей формуле:

$$n = \frac{30 \times 60}{2 \pi r} \text{ об/мин.},$$

где 30 — линейная скорость в метрах (28—30), 60 — число секунд в минуту, $\pi = 3,14$ — отношение длины окружности к длине диаметра, r — радиус барабана в метрах.

Для надежности работы диаметр шкива не должен быть меньше установленного размера. При 1 000 об/мин. наименьший диаметр шкива будет при передаче.

5 л. с.	130 мм	15 л. с.	215 мм
10 " "	180 "	20 " "	240 "

Ширина ремня должна быть следующего размера для передаваемой мощности:

5 л. с.	80—100 мм	15 л. с.	100—160 мм
7,5 " "	100—140 "	20 " "	140—180 "
10 " "	120—160 "	30 " "	180—220 "

Для передвижения моторов вместе с молотилками устраиваются 2- или 4-колесные тележки. Присоединение мотора к сети осуществляется передвижным силовым трансформатором мощностью от 20 до 50 kW.

Наиболее распространенными молотилками являются молотилки М0900 и МК1100 завода «Серп и молот» в Харькове (европейского типа), барабан бильный. В 1932 г. этим же заводом выпущена молотилка американского типа с штифтовым барабаном Радгосп — АМР710.

Электромолотильный агрегат служит не только для молотья колосовых культур, но и для молотья пропашных — кукурузы, сои, подсолнечника, свекловицы, а также гороха, волокнистых культур и т. д. Для этого устраиваются специальные приспособления к хлебным молотилкам. Для обмолота подсолнечника переставляют шкив на барабанном валу, чем в 3 раза уменьшают число оборотов барабана. Для обмолота гороха в хлебной молотилке меняют барабан. Число оборотов барабана уменьшается до 550—600 в минуту. Меняют шкив и подбирают по мощности электромотор.

Производительность молотилки и потребляемая для нее мощность

№ по пор.	Наименование	Размер барабана		Число оборотов в минуту	Производительность зерна т/час.	Потребная мощность л. с.	Диаметр цика (в мм)	Общая вес (в т)	Примечание
		Диаметр	Ширина						
		(в мм)							
1	Сложная молотилка МО 900 зав. "Серп и молот" в Харькове	553	885	1 150	0,91	10—15	202	2,54	Завезена почти во все МТС. Молотилка европейского типа имеет двойную очистку, сортировку зерна, соломоподъемник
2	Сложная молотилка МК 1100 "Коммуна" зав. "Серп и молот"	—	1 140	1 150	1,61	15—20	219	3,90	То же
3	Сложная молотилка АДЮ36 зав. "Красная звезда" в Зинovieвске	505	666	1 050	2,0	15	216	2,35	Район распространения — Сибирь
4	Молотилка БДЮ34 зав. "Красная звезда" в Зинovieвске	505	744	1 140	0,6	8—12	210	1,4	Имела широкое распространение. В последние годы вытеснена молотилками МО900 и МК1100

¹ По данным завода средняя производительность молотилки МК1100—1,9 т/час., молотилки МО900—1,6 т/час. Средняя производительность молотилки МК1100, по опытным данным ВИСХ, не превышает 1,6 т/час., а молотилки МО900 0,95—0,9 т/час.

Продолжение

№ по порядку	Наименование	Размер барабана		Число оборотов в минуту	Производительность на т/час.	Потребная мощность л. с.	Диаметр диска на (в мм)	Общий вес (в т)	Примечание
		Диаметр	Ширина						
		(в мм)							
5	Молотилка АДО42 того же завода	610	820	900	1,2	15—20	265	3,38	Больше не изготавлиется
6	Полусложная молотилка СО28 того же завода	—	590	1050	0,43	8,0—12	—	1,35	Имеет большое распространение в мелких колхозах
7	Простая молотилка АР18 зав. „Красный профинтер“	—	450	1000	0,4	5,0—7,0	—	0,28	Имеет большое распространение в индивидуальных хозяйствах
8	Сложная молотилка фирмы Клейтон (Англия)	500	1350	1200	2,3—2,0	16	—	3,05	Молотилка европейского типа, бильный барабан
9	Сложная молотилка „Рустон“	—	—	1200	1,6	15—20	—	—	
10	Сложная молотилка „Идеал“ Адамс - Румель, 28×48"	718	—	850	3,8	30—35 ¹	—	—	Число планок—15, число зубьев—125
11	То же, размер 30×48" .	718	—	850	3,8	30—35	—	4,53	То же число планок и зубьев

¹ Рабочий процесс американских молотилок больше механизирован (самоподатели, эксгаузеры и др.), поэтому они требуют большой затраты мощности. Особенно много мощности берет эксгаузер. По экспериментальным данным Ростово-Навчезаванской опытной станции эксгаузер берет на холостом ходу от 30,9 до 68,7% (в зависимости от системы) затрачиваемой мощности на холостой ход всей молотилки.

Продолжение

№ п/п	Наименование	Размер барабана		Число оборотов в минуту	Производительность аэр. на т/час.	Поробная мощность л. с.	Диаметр шкива (в мм)	Общий вес (в т)	Примечание
		Диаметр	Ширина						
		(в мм)							
12	То же 32x52"	718	—	850	4,4	35—45	—	5,00	При том же числе планок, 140 зубьев
13	То же 36x60"	718	—	850	4,9	40—50	—	5,14	—
14	Сложная молотилка Радгосп зав. "Серп и молот" АМР710	710	970	—	4,01	22—36	280	—	Выпущена в 1932 г. в ограниченном количестве (300 шт.). Испытания в колхозе "Коминтерн" (АССРП) дали значительный материал для ее рационализации
15	Льнотерка (клеверотерка) зав. "Металлист" в Пскове	—	700	800—1000	льнотерка 0,8	2,0—3,0	120	—	—
16	Молотилка "Эдди" для льна	230	458	200—250	0,1 га/час.	1,0—1,5	—	—	Число барабанов 4. Чтобы загрузить более мощный мотор, можно соединить 4 молотилки "Эдди"

* Производительность указана по данным завода "Серп и молот", по данным ВИСХ на основании результатов исследований в колхозе "Коминтерн" (АССРКА) в 1932 г. производительность молотилок АМ 710 первого выпуска значительнее ниже 4 т/час.

Продолжение

№ по пер.	Наименование	Размер барабана		Число оборотов в минуту	Производительность зерна т/час.	Потребная мощность э. с.	Диаметр шкива (в мм)	Общий вес (в т)	Примечание
		Диаметр	Ширина						
17	Молотилка Титова для конопля Петровского завода	400	750	440—450	0,8—1,0	4,0—5,0	100	—	Число зубчатых барабанов 2; они расположены на общем валу
18	Машина для уборки кукурузы „Хескер-Шредер“	280	440	100	0,6—1,0	10,5	—	—	
19	Молотилки для кукурузы зав. „Красный Аксай“ в Ростове-на-Дону	—	—	500	5,0	9,0	270х1101	—	Выпущена в 1931 г. Имеет бильный барабан, ковш для засыпки початков, элеватор для подачи початков вверх на барабан и 2 качающихся решета. Стана для отсевывания и очистки зерна. Молотилка дает только 1—2% шелушения и осыпки. Трактор „Фордзон“, вращая молотилку, работает с неполной нагрузкой

¹ Завод „Красный Аксай“ в 1931 г. выпустил молотилку с двухступенчатым приводным шкивом с диаметром в 400 мм для тракторов „Фордзон“ и „Интернационал“ и в 270 мм — для локомобила. На раме этой молотилки имеется достаточно места, чтобы поместить электромотор мощностью в 4,5 л.с.

§ 5. Производительность молотилок и потребная для них мощность (по данным СЭТ)

Барабаны			Часовая производительность зерна (в кг)	Мощность элеватора		Примечание
Диаметр	Ширина	Число об/мин.		л. с.	кВт	
(в мм)			(в кг)			
1. Штифтовые молотилки						
Без очистки						
330	460	1 200	200 ÷ 250	1,5	1,1	Требующаяся дополнительная мощность для прессы соломы при вязке шпагатом и легком прессе 1,5—2,5 кВт То же при средней прессовке 3—3,5 кВт
330	460	1 300	250 ÷ 300	2	1,5	
330	560	1 300	350 ÷ 400	2,5	1,8	
С одной очисткой						
400	560	1 200	300 ÷ 350	3	2,2	При вязке проволокой 3—3,5 кВт Тяжелая прессовка 6+7,5 кВт Вентилятор 3—5 л. с. Вентилятор 2—3 л. с.
430	660	1 200	350 ÷ 400	4	3	
450	740	1 200	500 ÷ 600	5	3,7	
2. Бичевые молотилки						
С двойной очисткой						
330	1 750	1 400	500 ÷ 1 000	5	3,7	Пресс для соломенных отбросов в зависимости от степени прессовки от 5 до 15 л. с.
440	1 750	1 250	800 ÷ 1 000	7,5	5,5	
475	1 750	1 200	1 000 ÷ 1 250	10	7,4	
520	1 750	1 150	1 250 ÷ 1 500	12	9	
С полной очисткой и сортировкой						
560	1 680	1 100	1 500 ÷ 1 750	25	18,6	
620	1 680	1 000	2 000 ÷ 2 500	35	35,9	
710	1 680	900	2 500 ÷ 4 000	45	33,3	
3. Молотилки для клевера						
					Расход энергии/ч	
210	500	600	100	1,5	15	С полной очисткой на 1,5 л. с. больше
230	300	600	125	3	20	
350	1 000	400	175	4	20	
500	1 120	400	350	8	20	

4. Молотилки для кукурузы

	Часовая производительность зерна (в кг)	Мощн. электромотора		Примечание
		л. с.	кВт	
	1 600—2 870	4—6	Расход энергии 2 кВт/т	С двумя отводами С четырьмя отводами
	3 870—5 600	6—8	1,5 кВт/т	

Данные действительны при нормальном урожае и хорошем уходе.

Расход энергии на вымолот зерна

Род зерна	Урожай		Расход энергии в квт/ч. на 100 кг вполне очищенного и отсортированного зерна		Примечание
	Вес зерна в кг на гектар	Процент веса зерна к общей массе урожая	Без прессовки соломой	С прессовкой соломой	
Рожь	2 800	25	1,2—1,5	1,4—1,8	Расход энергии на обмолот молотилкой без очистки и сортировки зерна на 25—30% меньше указанного
	2 400	35	0,9—1,1	1 —1,5	
Пшеница	2 000	30	1,0—1,8	1,2—1,5	
	2 800	40	0,8—1,0	0,9—1,2	
Овес	1 800	40	0,9—1,0	0,9—1,1	
	2 600	50	0,6—0,8	0,7—0,9	
Ячмень	2 000	33	0,9—1,1	1,0—1,3	
	3 000	45	0,7—0,9	0,8—1,1	
Гречиха	—	—	0,8	—	
Просо	—	—	1,8	—	

Мощность молотильного мотора в зависимости от площади обрабатываемой земли

Из общего количества земли в гектарах		Количество часов молотбы в году	Потребная мощность мотора в л. с.
запахано	всего злаками		
5.	3	80	2
8	4	100	2
12	6	120	4
25	15	140	5,5
50	30	100	10
125	80	130	13
250	175	180	20

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПРИ ОЧИСТКЕ И СОРТИРОВКЕ ЗЕРНА И СЕМЯН

Употребление электромотора для зерноочистки и сортировки зерна удобно и выгодно. Электрический привод зерноочистительных и сортировочных машин дает:

- 1) экономию в затрате рабочей силы и
- 2) повышает качество очистки благодаря равномерности работы мотора.

§ 6. Расход энергии для очистки 1 т зерна по нормам Главэлектро составляет 0,22—0,40 кВт·ч. Расход энергии для сортировки 1 ц посевного зерна составлял 0,33—0,10 кВт·ч.

При зерноочистке и сортировке рекомендуется устанавливать электромоторы закрытого типа. При необходимости пользоваться мотором открытого типа следует принять меры к его защите от пыли и от атмосферных осадков, для чего пользуются непромокаемым брезентовым чехлом, железным или деревянным кожухом, обутым асбестом.

При пользовании 3-фазным током рекомендуется устанавливать короткозамкнутые асинхронные электромоторы в 50 периодов.

§ 7. Электропривод при зерноочистительной и сортировальной машине осуществляется путем установки мотора на полу и привода посредством ременной передачи или установкой электромотора на самой машине, укрепив его на станине или на крестштейне из углового железа.

Для многих зерноочистительных и сортировальных машин можно рекомендовать мотор 3-фазного тока с короткозамкнутым якорем — 0,52 кВт, 3 000 об/мин., к. п. д. = 0,76. $\cos \varphi = 0,84$; той же мощности, 1 000 об/мин., к. п. д. = 0,75 и $\cos \varphi = 0,74$ или с числом оборотов 1 500 при к. п. д. = 0,77 и $\cos \varphi = 0,78$. Для многих машин можно еще рекомендовать моторы 3-фазного тока мощностью в 1 квт, 3 000 об/мин. и мощностью в 1,75 кВт.

Когда мощность электромотора превышает потребную мощность для зерноочистительной машины, то для уменьшения потерь и увеличения коэффициента полезного действия 3-фазного электромотора следует переключить обмотки его статора на звезду. Величина магнитной индукции при переключении уменьшается в 3 раза, и забираемая безваттная мощность составляет около $\frac{1}{3}$ первоначальной величины.

Следующая таблица показывает, как улучшается $\cos \varphi$ и коэффициент полезного действия мотора от переключения статора на звезду.

Улучшение cos φ и к. п. д. мотора при переключении статора на звезду

Потреб. мощность мотора	Число оборотов	Нагрузка мотора	При соединении треуго.		Переключение на звезду	
			cos φ	к. п. д.	cos φ	к. п. д.
19 kW	965	9,5 kW	0,62	0,85	0,90	0,88
30 "	965	10 "	0,75	0,90	0,93	0,95

Потребная мощность мотора для веялок

Внутренняя ширина	Ширина сит	Часовая прова. (в кг)		Потребная мощность		Примечание
		с ситами	без сит	л. с.	kW	
500	410	1 500	1 800	0,2	0,15	Расход энергии колеблется от 0,22 до 0,40 kWh на тонну зерна.
650	560	1 700	2 000	0,3	0,25	
900	810	2 100	2 500	0,4	0,30	
1 150	1 060	2 500	300	0,5	0,35	

Потребная мощность мотора для очистки зерновых культур

Внутренняя ширина (в мм)	Размеры сит (в мм)				Часовая производ. (в кг)	Потребная мощность		Примечание
	Верхние		Нижние			л. с.	kW	
	длина	ширина	длина	ширина				
520	520	390	520	390	1 000	0,25	0,18	Расход энергии колеблется от 0,8 до 1 kWh на тонну
600	540	440	540	440	1 700	0,35	0,25	
620	560	470	1 200	530	1 900	0,50	0,35	
860	600	670	1 230	670	2 500	0,60	0,45	

Потребная мощность мотора для триеров

Цилиндр		Число об/мин.		Производительность пшеницы (в кг)	Потребная мощность	
Диаметр	Длина	цилиндра	вентяля-тора		л. с.	кВт
(в мм)						
350	1 250	66	600	180	0,2	0,25
400	1 500	66	600	350	0,5	0,35
600	2 500	52	600	750	1,0	0,70
800	3 000	52	600	1 200	1,5	1,10

Таблица сечений подводящих проводов для электромоторов 3-фазного тока при напряжении на зажимах в 220 и 380 V и для моторов постоянного тока при напряжении в 110 и 220 V

Для электромоторов постоянного тока			Для электромоторов 3-фазного тока		
Мощность мотора (в кВт)	Сечения проводов в кв. мм		Мощность мотора (в кВт)	Сечения проводов в кв. мм	
	для напряжения 110 V	для напряжения 220 V		для напряжения 220 V	для напряжения 380 V
0,74	2 × 4	2 × 1,5	0,52	3 × 1	3 × 1
1,47	2 × 6	2 × 4	1,00	3 × 1	3 × 1
2,21	2 × 10	2 × 4	1,75	3 × 1,5	3 × 1
3	2 × 16	2 × 6	2,85	3 × 2,5	3 × 1,5
4,42	2 × 25	2 × 10	4,50	3 × 4	3 × 2,5
5,90	2 × 25	2 × 16	6,80	3 × 10	3 × 2,5
8,10	2 × 35	2 × 16	10,00	3 × 16	3 × 6
10,80	2 × 50	2 × 25	14,50	3 × 16	3 × 10
			20,50	3 × 25	3 × 16

§ 8. Зерноочистительные и сортировальные машины, их производительность и потребная мощность

№ по пор.	Наименование	Часовая производительность (в кг)	Основные технические показатели	Потребная мощность мотора л. с.	Расход энергии на 1 ц кВт/ч	Примечание
1	Вейлка - сортировка „Крестьянка“ для разделки вороха	700		0,3—0,4	0,06	
2	Вейлка - сортировка „Клейтов“ № 5 для сортировки зерна	1 500	Ширина внутри 800 мм	0,6—0,8	0,03	
3	Вейлка - сортировка „Триумф“ № 2 для очистки от сурогатов	1 600	Ширина внутри 500 мм	1,5—2,0	0,1	
4	Триер зав. Мельстрой для выделения сорных трав и отделения семян по величине и отделения риса от пшеницы	550		1,8	0,038	
5	Триер пшенично-ржаной, завода им. Сталина, Воронеж	350	Длина барабана 1 500 мм, поперечник 400 мм	0,3	0,12	
6	Протравитель семян „Нилов“ № 2 Петровского завода	2 000— 10 000		4,0		
7	Триер австрийский зав. Гейда	500		1,1	0,05	
8	Сортировка № 2	1 600— —1 900		0,5	0,06	

Продолжение

№ по пер.	Наименование	Часовая про- изводительн. (в кг)	Основные техни- ческие показатели	Потребная мощность мотора л. с.	Расход энер- гии на 1 ц к/ц	Приме- чание
9	То же № 5	1 900— 2 100		0,75		
10	Зерноочиститель- ная установка заво- да Ребер(Германия, „Петкус-Юнкер“)	900	Габариты: 3 350 × 1 750 × × 2 530 вес—1 000 кг шквив—200 мм вал—270 об/м.	1,5		Им- порт пре- кра- щен
11	То же, „Петкус“	1 000	Вес—1 080 кг шквив—500 мм вентиль— 1 350 об/мин. Приводн. вал— 270	3,0		
12	То же, „Петкус“ Гогенгейм № 2	1 250	Вес—1 300 кг шквив—235 мм вентиль— 825 об/мин. приводн. вал— 960	6,5		То же
13	То же, „Петкус“ Гогенгейм № 1	800	Габариты: 3 158 × 1 150 × × 2 510 мм вес—800 кг вентиль— 850 об/мин. приводн. вал— 410 об/мин.	24	0,18	
14	Передвижная зерноочистит. уста- новка „Нейгауз“	1 500— 1 800		6,0	0,27	
15	То же марки „Колхоз“	2 000	Габариты: 5500 × 1870 × × 2975 мм вес—2 т	6—7		

Продолжение

№ по пор.	Наименование	Часовая про- водительн. (в кг)	Основные техни- ческие показатели	Потребная мощность мотора л. с.	Расход энер- гии на 1 ц кВт	Приме- чание
16	То же марки „Гигант“	4 000		12—16		
17	Льноочиститель- ная установка зав. Хентлей „Мони- тор“	2 800— 4 600	Габариты: 1 975 — 1 695 — 2 210 мм вес—900 кг вал—350 об/мин. вентиль— 550 об/мин.	1,3—2	0,05	
18	Клевероочисти- тельная магнитная машина С. Гирш (Франкфурт - на- Майне) с двумя габаритами	250— 300	Габариты: 2 000 × 1 700 × × 1 400 мм длина бараба- нов—400 и 1 000 Для питания магнит. поля постоянного то- ка Расход жел. по- рошка — 250 г на 50 кг семени	2		Рас- ход, тока для бара- банов от 10 до 20 А
19	Советская зерно- очистительн. уста- новка зав. „Крас- ная звезда“ в Зи- новьевске (по про- екту ВИМЭ)	8 000		20		
	Клеверосорти- ровка зав. Гомель- маш	1 400	Габариты: 1 390 × 2 140 × × 1 850 мм; вес—355 кг	0,25		

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОТЯГИ В ПОЛЕВОДСТВЕ

В полеводстве применяется в настоящее время главным образом канатная тяга при помощи электролебедок.

§ 9. Электроканатная тяга разделяется на: двухмашинную систему, одномашинную, круговую и др.; из них более применяется двухмашинная система: на расстоянии около 500 м расположены 2 тяговых лебедки одна против другой с электромоторами, вращающими тяговые барабаны, с навитым на них стальным тросом. Мотор лебедки гибким изолированным кабелем соединен с полевой электросетью; балансирный пług, присоединенный к стальному тросу, попеременно протягивается то к одной лебедке, то к другой, причем после каждого рабочего хода каждая лебедка передвигается на ширину полосы, обрабо-

Наиболее употребительные

Фирма	Мотор	Мощность мотора (в кВт)	Число об./мин.	Диаметр тяго- вого барабана (в мм)	Тормоз	Скорость при включении самозхода в м/сек.
Сiemенс Шук- керт (Германия)	Асинхронный трехфазный 1 000 в.	64	975	940	Автоматический ленточный и ручной	0,5
Виолати Тес- кари (Италия)	Трехфазный 1 000 в.	73,6	965	720	То же	Передвигается якорем 0,53
Завод им. Мед- ведева (Орел, СССР) выпуска 1933 г.	Асинхронный трехфазный Т.—Б.—8—75	90	728	900	„	0,5

§ 12. Прицепной инвентарь для электрических агрегатов канатной тяги. В настоящее время в СССР имеются следующие образцы балансирных плугов:

Число корпусов	Наибольшая глубина (в см)	Ширина захвата (в см)	Вес плуга (в кг)	Вес (в кг) на единицу захвата (в см)	Максимальная рабочая скорость в м/сек.	Примечание
4	30	138	3 200	23,2	0,9	Итальянской фирмы Виолати-Тескари
5	20	187,5	5 054	27	2	Немецкой фирмы Хейке
6	20	225	5 400	24,7	2	Немецкой фирмы Хейке
8	18	222,5	4 500	20,2	2	Немецкой фирмы Кемна
5	20	182	4 700	20,2	2	Немецкой фирмы Гейльброн
6	20	226	5 500	24,34	2	Плуг ВИСХОМ'а, по типу Хейке, изготовлен Орловским заводом
6	18	180	2 300	12,7	2	Плуг проф. Сладкова, изготовление Брянского завода
1	75	70	4 000	57	2	Плантажный плуг ВИСХОМ'а, изготовлен Орловским заводом

§ 13. Расчет потребных тяговых усилий, мощности и расхода электроэнергии агрегата канатной тяги. При работе электроагрегата канатной тяги лебедка должна развивать на окружности тягового барабана усилие, достаточное для преодоления сопротивления рабочего троса, самого рабочего орудия, холостого троса и вращения заторможенного барабана холостой лебедки. Потребная сила тяги для рабочего хода плуга определяется по формуле проф. Горячкина:

$$P = fG + kab + \epsilon abV^2,$$

где P — сила тяги в кг, G — вес плуга в кг, f — коэффициент трения при движении его в борозде, a и b — длина и ширина пласта, поднимаемого плугом в см, k — коэффициент сопротивления почвы, V — скорость плуга в м/сек., ϵ — коэффициент, зависящий от скорости плуга.

Ориентировочно можно принять:

$$f = 0,2-0,3,$$

$$\epsilon = 0,015-0,025,$$

$$k = \text{см. ниже.}$$

средняя за гон потребная мощность на окружности барабана будет равна

$$W_1 = \frac{P_1 \cdot V \cdot 0,736}{75} \text{ kW.}$$

V — средняя скорость за гон в метрах в сек., а P_1 — тяговое усилие на окружности раб. барабана в кг, равное P + усилие на отаскивание холд, и раб. тросов и вращение затормож. барага 2-й лебедки, составляющие от 800 до 1000 кг.

Необходимая мощность на высокой стороне эл. лебедочной станции:

$$W_2 = \frac{W_1}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3} \text{ kW,}$$

η_1 — к. п. д. механизмов лебедки $\cong 0,9 - 0,93$
 η_2 — " мотора " " " $0,88 - 0,93$
 η_3 — " трансформатора " " $0,95 - 0,96$

затрата энергии на 1 га, учтенная на высокой стороне подстанции, может быть подсчитана таким образом:

$$A = \frac{W_2 \cdot T}{3600} \text{ kWh,}$$

T — время фактической работы плуга, для вспашки 1 га (секундах).

По данным Мэттьюс'а коэффициент k составляет для почв:

песчаная	0,21 кг/см ²
суглинок легкий сухой	0,3 "
" тяжелый влажный	0,4 "
жнивье среднее сухое	0,4—0,5 кг/см ²
глинистая	0,55 кг/см ²
луг	0,61—0,7 кг/см ²
степная земля	0,62 кг/см ²
клевернище	0,86 "
люцерновое поле	0,87 "

Практика дает для k максимальные значения для особо тяжелых почв — 1 кг/см² и выше. Расход энергии на гектар при глубокой пахоты от 60 см до 70 см однокорпусным плантажным плугом «Фаулера» — 260—280 kWh, при потребной мощности 120 kW средним за 1 гон, при скорости плуга 2 м/сек. и средней ширине захвата 68,5 см; при обычной пахоте глубиной 18—20 см. $k = 0,5$ и $V = 2$ м/сек., расход энергии на 1 га = 50—55 kWh. Расход энергии на дискование 2-следной 42-дисковой реверсивной бороной «Кемна» с захватом 7,2 м и весе ее около 8 т — средним 25,5 kWh на гектар при глубине выхлонуя около

8 см, причем изменение скорости от 1 до 1,6 м/сек. мало изменяет расход энергии на гектар.

Потребная мощность для дискования бороной «Кемна» для скоростей

1,14 м/сек.	49,6 кВт
1,72 "	61 "
2,72 "	75,6 "

Коэффициент использования рабочего времени эл.-агрегата на пахоте по практическим данным составляет ориентировочно — 0,47—0,6.

Наиболее важные случаи простоев (в процентах) по опытным данным:

а) простои на опрокидывание плуга	8,50
б) " из-за неполадок в механической части лебедок	9,36
в) " " " " электрической части лебедок	3,75
г) " " " " неисправности троса	2,98
д) " " " " из-за смазки	5,42
е) " " " " переброски агрегатов	4,46
ж) простоя из-за неполадок и неисправности плуга	0,75
з) " " климатических условий	1,50
и) прочие простои	0,28

Всего простоев	37,0
" чистой работы	63,0

Основным условием повышения коэффициента использования рабочего времени является беспощадная борьба с простоями.

§ 14. Указания по уходу и обслуживанию советского электролебедочного агрегата (образца 1931 г.).

1) Перед передачей электроагрегата в нормальную эксплуатацию силовое оборудование электролебедок должно быть проверено и подготовлено для включения на нормальное напряжение и нагрузку, причем мотор до включения его под рабочую нагрузку должен быть надежно просушен тем или иным способом (например током при пониженном напряжении в заторможенном состоянии) до достижения надежного сопротивления изоляции (не меньше 0,5 мегаома) как между фазами статора и ротора, так и между ними и корпусом. После этого мотор должен проработать несколько часов вхолостую, после чего он может быть переведен на нагрузку. Точно так же должны быть проверены сопротивление изоляции обмоток трансформатора и трансформаторное масло, а также сопротивление силовой и осветительной проводки каждой электролебедки. Все результаты осмотра и измерений должны быть занесены в особую контрольную книгу, хранящуюся у директора или технорука. Кроме гене-

рального вседневного осмотра электроагрегата, должен производиться систематический предупредительный осмотр и ремонт для пригонки щеток ротора и контактора, подтяжки гаек электрических и механических соединений, проверки состояния подшипников и др.

2) Перед каждым включением в линию нужно предварительно убедиться в исправном состоянии всего оборудования. К рабочему пуску мотора можно приступить лишь по получении от противоположной лебедки сигнала пуска.

3) Мотор, включенный рычагом управления на заданную скорость рабочего орудия, пускается в ход поворотом маховичка контроллера в сторону, соответствующую тяге орудия, совершая поворот его равномерно с 1 до 10 деления контроллера в течение около $\frac{1}{2}$ минуты. В случае необходимости остановить пług в борозде — повернуть маховичок в обратную сторону и, задержавшись на 1 делении, чтобы предупредить раскручивание барабана в обратную сторону, нажать на тормоз диска мотора и затем уже перевести маховичок на нулевое деление, так же можно поступить и в случае внезапного выключения тока, при выключении максим. автомата, если лебедочник не может сразу быстро затянуть тормоз моторного диска. При обрыве троса следует немедленно выключить мотор и рычаг скорости.

4) Остановку мотора при подходе орудия к лебедке необходимо производить при помощи контроллера, причем рекомендуется, особенно при недостаточно опытным персонале, переводить маховичок на 4 или 5 деление, когда орудие будет от лебедки на расстоянии 12—15 м, что уменьшит примерно вдвое его скорость и позволит с большей уверенностью подвести его к лебедке до установленного предела. Тогда маховичок быстро переводится на 1 деление, а затем через 2—3 секунды — на нулевое и сейчас же затягивается тормоз диска мотора. Пользование аварийной кнопкой советской лебедки в качестве обычного способа остановки плуга не должно допускаться, так как конструкция масляника не рассчитана на частое включение и выключение.

5) Ввиду плохих условий охлаждения роторных колец мотора необходимо через два часа после начала работы отвинчивать, при остановленном моторе, его колпак и осматривать кольца и щетки, проверяя равномерность нагрева. При нагреве порядка 100° и выше — кольца при открытом колпаке охлаждаются 15—20 минут, повторяя эту проверку 1—2 раза в смену, в особенности в более теплое дневное время. Также необходимо иметь периодическое наблюдение за смазочными кольцами и нагревом подшипников мотора.

6) При осмотре максимального реле лебедки нельзя открывать закрывающую его крышку, не отключив совершенно лебедку от линии, так как находящиеся в нем контакты побочного тока заходятся под напряжением и при выключенном маслянике, что

может повести к поражению электрическим током. Установка реле на определенную выдержку времени должна производиться техноружом и предохраняться plombированием.

7) При отсоединении находящегося на лебедочном щитке амперметра от линии, концы отсоединенных проводов должны быть замкнуты на короткое во избежание порчи измерительного трансформатора тока.

8) Смена сгоревших предохранителей высокого напряжения в электролебедочной подстанции должна производиться только при наличии отключения лебедки от линии и притом изолирующими щипцами или с резиновыми перчатками на руках во избежание удара остаточным зарядом трансформатора и кабеля. Периодически должны проверяться уровень масла в трансформаторе и нагрев его.

9) По мере удаления лебедки от основной магистрали или пункта питания полевой сети необходимо использовать регулировочные клеммы трансформатора на высокой его стороне, постепенно переключая с 6300 в. (ABC) на 6000 в. ($A_1B_1C_1$) и 5700 в. ($A_2B_2C_2$), и обратно — по мере приближения к пункту питания, чтобы поддержать вторичное напряжение возможно ближе к нормальным 440 в.

10) При остановке во время рабочей смены агрегата для ремонта какой-либо лебедки над последней должен быть выкинут аварийный сигнал, до спуска которого на здоровой лебедке категорически воспрещаются не только пуск мотора, поворачивание шестерен и т. п., но и нахождение персонала около частей, могущих внезапно прийти в движение при повороте барабана на ремонтируемой лебедке, в частности осмотр и опробование подшипников валов зубчатой передачи, проверка зубьев шестерен, тормозных лент и пр. При работе лебедок система сигнализации должна быть вполне ясной и определенной как в дневное, так и в ночное время, чтобы не могло быть ошибочного пуска одной лебедки, когда другая к нему не готова.

1) При электролебедке должен находиться набор инструмента с изолирующими ручками (плоскогубцы, кусачки, щипцы для вставок предохранителей и т. д.), резиновые перчатки, специальные резиновые сапоги или галоши и т. д.

Состояние заземления должно периодически контролироваться в течение сезона работы. Переноска питающего лебедку кабеля, в особенности в сырую погоду, должна производиться в резиновых перчатках и галошах или сапогах или делаться специальным изоляционными щипцами. Электроагрегатная установка в полной мере должна быть снабжена установленными предохранительными надписями и плакатами.

ОТДЕЛ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ДОЕНИЕ КОРОВ

Все современные доильные установки работают на принципе действия постоянного и периодического вакуума. Основное отличие доильных машин представляет устройство доильных стаканов, которые бывают однокамерные и двухкамерные. Наибольшее распространение получили машины с двухкамерными доильными стаканами и составляют 90% от общего количества.

§ 1. Основное оборудование современных доильных установок состоит из: I — силовой части, II — доильной машины и III — пульсаторного устройства. Последнее является одной из ответственных частей всей установки и в то же время самая сложная и разнообразная как по устройству, так и по принципу действия и конструкции часть.

Эти элементы оборудования остаются во всех установках постоянными, и классификация их представится в следующем виде:

I. Система силовой части

1. Стационарная, передвижная и переносная.
2. Двухтрубопроводная, однострубопроводная и беструбная.
3. Вакуумнасос (ротационный, поршневой и колдовратный; последний мало производителен).
4. Вакуум в сети трубопровода (от 25 до 50 см ртутн. столба).

II. Типы доильных машин

1. С однокамерными и двухкамерными доильными стаканами.
2. Доильные машины одинарные и двойные.
3. Стоячие, подъемные и стационарные доильные станки.
4. Форма массирующей резины.
5. Такт доения.
6. Наличие обратного предохранительного клапана.

III. Пульсаторное устройство

1. Пульсатор при насосе центральный, на доильной машине, на кранке трубопровода и на каждом доильном стакане.
2. Привод механический, пневматический, мембранный и электромагнитный.

3. Число пульсаций не регулируемое, регулируемое и автоматическое.

4. Периодический вакуум с атмосферным давлением, сверх атмосферы и с повышенным разряжением.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МОНТАЖ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Советской промышленностью выпускаются установки однотрубопроводные «Темп», в настоящее же время ВИАСХ разрабатывает новую систему советской доильной машины.

Общие требования к монтажу стационарных установок «Темп» сводятся к следующему:

§ 2. **Машинное отделение** под силовые агрегаты должно находиться как можно ближе к стойлам во избежание лишнего расхода труб и потерь вакуума, но в то же время должно быть изолировано от скотного двора, благодаря чему представляется возможным поставить электродвигатель открытого типа с противосыровой изоляцией, а также сделать перегородку во избежание шума от насоса в скотном дворе. Размер помещения — $2,5 \times 3$ м.

§ 3. **Силовые агрегаты** (мотор-насос) ставятся на прочном фундаменте с выступом над полом в 200—300 мм на расстоянии между осями шкивов 1,5—2 м. Плиты фундаментов должны быть строго горизонтальны и выверены по ватерпасу, в противном случае нарушатся смазка и нормальная работа. Шкивы и ремень должны иметь защиту (ограждение) во избежание прикосновения к ним во время работы, и если обращены к стене, то расстояние от последней должно быть не менее двойной ширины шкива.

§ 4. **Подвод электроэнергии к мотору** лучше производить проводом П. Р. Н. в трубках, рубильник следует ставить герметический. Желательна постановка амперметра. Важно устройство рационального освещения машинного отделения.

§ 5. **Вакуумный трубопровод** должен быть абсолютно герметичным, что достигается тщательным производством монтажа, применяя в местах сращиваний паклю, олифу и сурик. Это условие сохраняется и для трубопровода периодического вакуума. Вакуумный трубопровод, выйдя из насоса, заходит в вакуумбаллон, а из него направляется в скотный двор. В вакуумпроводе по выходе из баллона ставят тройник для отвода трубки, равной 0,5"—0,75", в моечное отделение, отвод этот оканчивается 2—3 кранками, располагаемыми обычно рядом с машинным отделением. Между баллоном и первым краником для доения монтируют предохранительный клапан и вакуумметр. Первый безусловно должен быть поставлен строго вертикально в U-образной трубке (если предохранительный клапан подвесной). Трубопро-

вод проходит на высоте 1,7—2,2 м от пола стойл, должен иметь уклон 1—3° в сторону вакуумбаллона, а в низших своих точках — иметь автоматические спускные клапаны. При всех переходах трубопровод поднимается на должную высоту для свободного прохода и проезда, а при пересечении подвесной дороги прокладывается выше рельса. При переходах из одного помещения в другое трубопровод необходимо утеплять. Концы трубопровода постоянного вакуума желательно замыкать накопкой, а периодического — заделывать пробками. Пульсоусилители, монтируемые в сеть периодического вакуума, ставятся в рабочей части трубопровода через 18 м, а в нерабочей через 24 м.

Кранки ответвлений ставятся одни на две коровы под углом в 45°. Существует 3 вида краников: 1) прямой с нарезкой, ввинчивающийся в тройник, 2) прямой с полуокружностью, облегчающей трубопровод, крепящийся хомутиком к последнему, и 3) фасонный краник имеет собственный угол изгиба в 90°, ввинчивается в тройник под углом в 35°. Лучшим является второй вид без нарезки, изготавливается нашей промышленностью, весит 400 г. В конечных точках трубопровода ставятся спускные промывочные краники под углом 0°.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК «ТЕМП»

§ 6. Обслуживание силовой части. 1) Перед пуском насос заливается маслом до надлежащего уровня, показанного на стеклянной трубке (1000 г).

2) Масло для насосов употребляется турбинное, марки М, и компрессорное Л, а также можно применять автол Т.

3) Расход масла зависит от продолжительности работы насоса в течение суток. При работе в сутки 6 часов обычно залитого масла хватает на 5 суток. Масленка проверяется ежедневно и по мере надобности заполняется маслом.

4) Ежемесячно насос промывается керосином и заливается новым маслом.

5) Через каждые полгода насос подвергается генеральной чистке с разборкой и промывкой всех частей.

6) Температура нагрева насоса при работе достигает до 90° С и остается в дальнейшем постоянной, что вполне допустимо.

7) Если насос «Темп» при вращении откажется работать (нет вакуума в сети), то следует отнять выхлопную крышку, прочистить клапаны и диск, промыть в керосине. При оборке не забывать поставить на свои места буфера, а также диск стороной с выступами над кольцами должен быть обращен вниз.

8) Если насос не создает должного вакуума в сети, то это

указывает на оставленные открытыми кранчики или просос в сети, а также на неправильную его сборку.

9) Трубопровод промывается через 15 дней горячей водой температурой не ниже 85°C в количестве одного ведра на отдельную линию. После промывки и спуска из вакуумбаллона воды трубопровод просушивается в течение 10 минут, при работе насоса поочередным открытием кранчиков, начиная с самого удаленного. Трубопровод периодического вакуума хотя не требует промывки, но все же один раз в год должен промыться или прочиститься.

10) Предохранительный клапан протирается от грязи 1 раз в месяц, точно так же и автоматические спускные клапаны.

11) Вакуум для холостого хода имеет величину 40 см ртутного столба и при нагрузке не ниже 38.

12) Пульсоусилители разбираются и промываются бензином 1 раз в месяц. Смазка их не допускается.

§ 7. Обслуживание и уход за доильной машиной. В работу пускаются только исправные машины. Часто машина не работает из-за неправильной сборки доильного стакана и в особенности пульсатора или пульсораспределителя.

Пульсатор «Темп» не работает, когда: 1) вакуум в сети трубопровода ниже 35 см ртутного столба, 2) калиброванное отверстие и канал периодического вакуума пульсатора не соприкасаются с выемкой массажирующей резины или один из них (реже оба) засорены, 3) клапаны не сидят в гнезде, 4) недостаточно притянут упорный болт (внутренний стаканчик дает просос) и т. п.

Чтобы проверить число пульсаций в работе, следует приложить мизинец к упорному винту и, пользуясь секундной стрелкой часов, сосчитать удары, которых нормально должно быть 100—120 п/мин.; в машине «Темп» могут быть изменения в ту и другую сторону. Пульсоусилители работают обычно надежно, капризы наблюдаются у пульсораспределителя, последний не работает, когда: 1) неплотно привернута крышка герметической полости цилиндра периодического вакуума, 2) засорилось отверстие пробки—воздушной камеры цилиндра, 3) поршень заело—попала грязь или вода, 4) неправильно присоединен двойной шланг к патрубкам пульсораспределителя, что случается очень часто при сборке доильной машины. Следует помнить места, т. е. повернуть шланг на 180° и т. п.

Число пульсаций можно подсчитать по цоканью пульсатора, или пульсоусилителя, которое остается постоянным (при п-сонт насоса) для всех машин и нормально = 48 п/мин.

Массажирующая резина должна иметь одинаковое натяжение во всех стаканах. Без надлежащего натяжения работа доильного стакана протекает ненормально и может вредно сказаться на вымени.

Резиновые части доильной машины должны храниться в тем-

ном месте и ни в коем случае не на солнце, так как тогда резина трескается и становится непригодной к работе.

Чистота установки — главное условие для получения гигиенического молока.

Основные процессы, связанные с чистотой, сводятся к следующему:

1. Перед пуском машины в работу, она споласкивается холодной водой в объеме 2 и больше литров на машину.

2. По окончании доения или после дойки 7—10 коров доильная машина промывается сначала холодной водой, затем горячей с температурой — 76—80°C и после споласкивается опять холодной водой. Во время промывки следует доильные стаканы то погружать в воду, то вынимать (пропускать воздух), благодаря этому получается более интенсивное отделение остатков молока с резиновых частей. Хорошо также во время промывки прибегать к ершикам для прочистки молокопроводов. После споласкивания доильные стаканы вынимаются из воды, и через них в течение 0,5—1 минуты прогоняется воздух, чем достигается внутренняя просушка машины. Доильные стаканы и шланги отнимаются от машины и развешиваются так, чтобы остающаяся жидкость вытекала наружу.

Вместо горячей воды применяются растворы, которые содержат: первый — 100 г жидкого мыла, 50 г соды, разведенной в 10 л воды с температурой до 70°C.

Второй раствор хлорной извести крепостью 0,125% (1,25 г хлорной извести на литр воды) или 100 мг активного хлора на литр воды.

Для удаления запаха хлорной извести при применении второго способа следует при промывке перед доением вместо чистой воды употреблять слабый раствор хлорной извести из расчета 2 мг на литр воды.

3. Ведро и крышки моются обычным порядком горячей водой.

Там, где есть пар, рекомендуется пропаривать.

4. Генеральная чистка производится не реже одного раза в пятидневку, когда вся машина разбирается и тщательно подвергаются чистке все части.

Резиновые части, соприкасающиеся с молоком, кладутся в воду на 30 минут с температурой 85°C без подогрева или с подогревом не выше 70°C на то же время, после чего очищаются щетками внутри и снаружи. Температура воды выше 85°C портит резину. Пульсатор разбирается и тщательно протирается тряпкой, смоченной в бензине. Смазка последних не допускается.

5. Рекомендуется иметь 2 рабочих комплекта массирующей резины, которые меняются поочередно после генеральной чистки, чем достигается более долгий срок службы резиновых частей.

б. Срок службы массирующей резины 2—3 месяца. Испорченная резина (худая, оборваны концы и т. п.) заменяется новой и ни в коем случае не допускается к работе.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

КОРМОПРИГОТОВЛЕНИЕ

Кормоприготовление охватывает следующие операции: 1) резка соломы, силоса, корнеплодов; 2) дробление жмыха, зерна, костей; 3) обдирка зерна; 4) разминание корнеплодов; 5) мойка овощей; 6) смешивание кормов.

Приготовление кормов сосредоточивается в кормоприготовительных помещениях, где устанавливаются все необходимые для этих операций машины. Ниже приводятся данные по машинам, расходу мощности и электроэнергии.

§ 6. Нормы удельного расхода энергии на кормоприготовительные процессы

1. Помол

Расход энергии на простой помол ржи ориентировочно	30—50 кВт/ч на 1 т
Расход энергии на простой помол овса	45—60 кВт/ч „ 1 „

2. Резка

а) соломы для лошадей	5—7 кВт/ч на 1 т
„ „ рогатого скота	3—4 „ „ 1 „
б) корнеплодов на тонку	0,2—0,3 „ „ 1 „
с) силоса, с учетом пневматической подачи	1,2—2 „ „ 1 „

3. Дробление

а) жмыха на тонну тонкого дробления	4—6 кВт/ч на 1 т
„ „ „ грубого „	2—4 кВт/ч „ 1 „
б) зерна „ „ тонкого „	12—16 кВт/ч „ 1 „
„ „ „ грубого „	7—10 кВт/ч „ 1 „

Подсчет нагрузок состоит в определении установленной или присоединенной мощности мотора. Максимальная мощность и годовой расход энергии определяются суммарно для цеха или завода в целом. Коэффициент одновременности работы машин принимается 65—80%. Число часов использования ориентировочно можно считать:

1. Для односменной работы в пределах 800—1100 час.

2. Для двухсменной работы в пределах 1500—2800 „

Выбор кормоприготовительных машин производится по таблицам, а электродвигатели для них подбираются по каталогам ВЭО с учетом напряжения и рода тока сетей данного хозяйства.

§ 9. Кормоприготовительные машины заводов СССР

Наименование машин и тип	Каким заводом изготовляется	Часовая производительность (в килограммах)	Потребная мощность		Диаметр шкива (в миллиметрах)	Число оборотов в минуту
			В л. с.	В кВт		
I. Соломорезки						
Гомлаф*	Гомсельмаш	1 200	4,5—4	3,3—3,7	500	150—200
о же	Уралсельмаш	1 200	7	5,1	500	150—200
мпа "С"	Завод им. Шевченко	500	2—3	1,5—2,2	390	180
II. Корнерезки						
мил Бенталя	Завод "Красный металлст"	2 500	1,0	0,75	400	82
о же	То же	4 800	1,75	1,3	400	82
III. Жмычкоробилки						
Бенталь-Ост*	Завод "Труд и рабочий", г. Умарь "Красный металлст", г. Витебск	4 000	5,5	4,0	550	200
Бенталь*	г. Витебск	2 000—3 000	5,0	3,7	400	200
IV. Складосрезки						
мил Папек	Гомсельмаш, "Красный возрожденец", "Гудок Октября"	6 000	13,5	10	200	1 200
Интернационал*	Сельхозоборудование, Москва	9 000	19—20	14—14,5	320	600—700

Продолжение

Наименование машин и тип	Каким заводом изготовляются	Часовая производительность (в килограммах)	Потребная мощность		Диаметр шкива (в миллиметрах)	Число оборотов в минуту
			В а. с.	В кВт		
МКГО „Мак-Кормик“ „Интернационал“ Универсальная „Близард“	„Гудок Октября“	15 000	27—30	20—22	385	700
	„Смольяши“	12 000	15—20	11—15	300	700
	„Гудок Октября“	10 000	20	15	375	600
	Завод им. Шевченко	—	25—30	18—22	750—1 400	—
V. Зернодавилки „Манфарт“ То же	Завод им. Артема	500	3	2,2	400	400
	То же	1 000	4	3,0	400	400
VI. Картофеле- малки Системы Брюнер То же Типа Кюне	Завод „Труд и работы“	2 800	1,0	0,75	340	180
	Завод им. Артема	3 300	1,0	0,75	—	196
	Завод „Возрождение“, г. Могилев	3 300	1,0	0,75	—	196
	Гомсельмаш	500	1,0	0,75	Ø барабана 550 мм	—
VII. Корнемои Типа Брюнер Типа Назора	Завод „Смычка“, г. Павловск	2 000	1,0	0,75	Ø барабана 470 мм	40

§ 10. Расход мощности на помол зерна

Мельничные жерновые поставки

С вертикальным валом			С горизонтальным валом		
Диаметр жернова (в миллиметрах)	Часовая производительность (в килограммах)	Присоединенная мощность в кВт	Диаметр жернова (в миллиметрах)	Часовая производительность (в килограммах)	Потребная мощность в кВт
710	150—200	2,2—3,5	250	110—150	2,7—3,2
885	250—350	5—7,5	300	130—180	3,5—4,5
1 065	350—500	7,5—9	400	170—250	4—5
1 240	450—650	9—12	500	250—350	5,5—6,5
1 420	600—800	12—15	600	350—500	7—8

Примечание. Нижний предел мощности соответствует помолу сухой пшеницы, верхний — ржи и худшим сортам пшеницы.

§ 11. Нормы потребления мощности на 1 т суточной производительности мельниц при нормальной влажности зерна

Род зерна	Род помола	Мощность на тонну в кВт	Род зерна	Род помола	Мощность на тонну в кВт
Рожь	Простой . .	1,00	Ячмень	В муку . .	1,36
	Обойный . .	1,12	Овес	" " . .	1,58
	Обдирный . .	1,25	Греча	" " . .	0,9
	Отсевной . .	1,47		крупу . .	0,75
	Сеяный . .	1,80	Просо	Пшено дра- ное	0,66
Пеклеван- ный	2,00	Пшено гол- щенное . .		0,92	
Пшеница	Простой . .	0,81	Кукуруза	Простой . .	1,33
	Обойный . .	0,92		Сортовой . .	2,95
	Отсевной . .	1,21		В крупу . .	0,9
	Сеяный . .	1,55	Горох	" муку . .	1,33
	Сортовой . .	2,25			

§ 12. Коэффициент увеличения расхода мощности на помол в зависимости от влажности

Род зерна	Влажность в процентах	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20
		Пшеница . . .	1,0	1,00	1,00	1,03	1,06	1,1	1,15	1,20	1,27	1,33	1,43	1,54
Рожь . . .	}	1,0	1,03	1,03	1,10	1,15	1,2	1,27	1,33	1,43	1,54	1,70	1,88	2,22
Греча . . .														
Просо . . .														

§ 13. Производительность и мощность корнерезок и соломо-резок

Корнерезки		Соломорезки		
Часовая производительность (в килограммах)	Присоединенная мощность в кВт	Часовая производительность		Присоединенная мощность в кВт
		Резка для рогатого скота (в килограммах)	Резка для лошадей (в килограммах)	
1 000	0,15	250 — 350	125 — 175	0,35 — 0,7
2 000	0,3	350 — 500	175 — 250	0,7 — 2,2
3 000	0,45	500 — 900	250 — 450	2,2 — 3,5
4 000	0,9	900 — 1 600	450 — 800	3,5 — 6,0

§ 14. Производительность и мощность жмыходробилок

Ширина отверстия (в миллиметрах)	Число оборотов в минуту	Часовая производительность (в килограммах)	Присоединенная мощность в кВт
350 × 60	200	400 — 800	1,1
500 × 60	200	500 — 1 000	1,5
900 × 80	200	800 — 1 500	3,0
900 × 130	200	1 000 — 2 500	3,7

§ 15 Производительность и мощность зернодробилок

Вальцевые				Дисковые			
Длина вальцов (в миллиметрах)	Часовая производи- тельность		Присоединенная мощность в кВт	Диаметр диска (в миллиметрах)	Часовая производи- тельность		Присоединенная мощность в кВт
	Тонкое дробление	Грубое дробление			Тонкое дробление	Грубое дробление	
	(в килограммах)				(в килограммах)		
250	150	350	1,6	160	100	150	1,5
300	250	500	2,2	200	150	250	3
350	300	700	3,3	260	220	400	3,7
400	450	1 000	4,5	310	300	500	5,5
500	600	1 300	5,5	360	375	650	6,5

§ 16. Производительность и мощность вертикальных смесителей кормов

Производительность			Присоединенная мощность в кВт		Смеситель на одновременную загрузку кормов для рогатого скота (в килограммах)	Присоединенная мощность в кВт
Мягкий, сухой, мелассирован. корм в кг	Битые корма в кг	Объемный корм в кг	Мягкие корма	Битый и мелассир. корм		
82	132	3,28	1,5	1,5	500	3,7
132	213	5,25	2,2	2,2	750	5,5
164	262	6,9	3,0	3,7	1 000	7,5
328	460	13,7	3,7	5,2	1 500	11,0
492	790	20,6	4,5	6,6	2 000	15,0
655	1 050	27,2	5,9	8,7	—	—

ГЛАВА ПЯТАЯ

ЭЛЕКТРООБРАБОТКА КОРМОВ

§ 17. Электросилосование — приготовление силосованного корма за счет тепла, развиваемого электрической энергией, создающей, по существовавшим вначале априорным предположениям, оптимальные температурные условия для развития полезных молочнокислых бактерий.

Электросилосование сочных кормов не применяется ввиду большого содержания в силосе масляной кислоты (1,5%), неблагоприятного соотношения уксусных и молочных кислот, больших потерь питательных веществ и понижения переваримости сырого протенна.

Электросилосование грубых кормов (ржаная солома, испорченное сено, осока, гуменные корма, замерзшие корнеплоды, древесные ветки и т. д.) дает повышение переваримости, размягчение структуры клеток, компенсацию относительного понижения коэффициента переваримости белка, быстроту и простоту процессов обработки корма.

При электросилосовании дешевый электрический ток является только источником тепла. Существует три способа электросилосования:

§ 18. Способ Швейцера заключается в подогревании корма до нужной температуры (50°С) при помощи пропускания электрического тока через всю толщу корма (рис. 109 помещается в § 21), для чего последний заключают между двумя (или тремя, четырьмя при трехфазном токе) электродами.

При этом обязательно требуется покрывать стенки силосного помещения изнутри прочным изолирующим слоем.

Недостатком этого способа является неравномерность потребления электроэнергии.

§ 19. Способ Фитце в основном заключается в нагревании корма при помощи специальных электронагревателей (электродов), выполненных в виде металлических труб со смонтированными внутри сопротивлениями. Установка изображена на рисунке 110. Внутренняя поверхность силосного помещения обложена металлической сеткой и соединена с нулем.

§ 20. Силосование при помощи пропускания через корм теплого воздуха. При этом электрический ток совершенно не вводится в силосное помещение, а используется только для подогрева воздуха и электромоторного привода вентилятора. Силосное помещение делается при этом воздухо- и водонепроницаемым. Для повышения к. п. д. установки и борьбы с уксуснокислыми бактериями воздух не только нагнетается в силос, но также и отсасывается из пространства над кормом, причем этот же воздух снова нагнетается в силос.

§ 21. При электросилосовании и электрозапарке корм мелко режется, увлажняется до 70—75% и плотно загружается в силосные помещения с подмешиванием (можно и без этого) кормовых компонентов, содержащих легкорастворимые углеводы. Сверху силосное помещение плотно, герметически, закрывается например слоем глины. Стенки силосных помещений делаются водо- и теплонепроницаемыми, например в виде двойных деревянных стенок с засыпкой глиной или соответствующей ямы в земле. Размеры силосного помещения можно взять высотой 2—3 м и в плане 1,5 × 1,5 м или 2 × 2 м. В качестве электродов нужно приме-

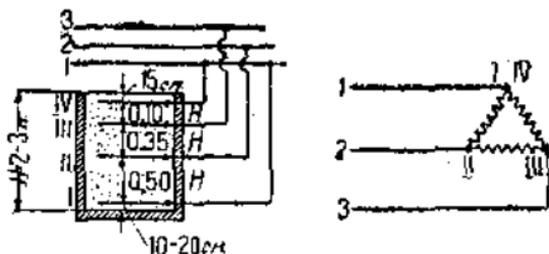


Рис. 109. Схема установки для электрообработки кормов

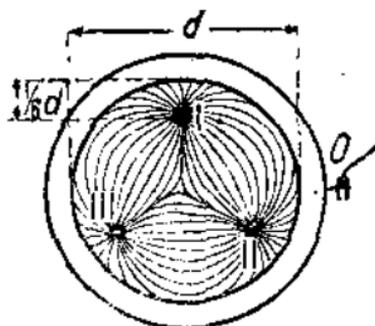


Рис. 110. Установка электронагревателей по способу Фятце.

нять проволочные сетки. Сетки нужно делать из оцинкованной или простой железной проволоки диаметром 3—5 мм, расстояние между отдельными проволочками берется от 50 до 100 мм, форма сетки прилаживается по форме силосного помещения так чтобы расстояние от сетки до стенок было 10—15 см. Число сеток при трехфазном токе должно быть $3n + 1$, где n — целое число; обычно берется 4 сетки, располагаемых горизонтально (рис. 109). Вообще говоря, сетки должны быть расположены таким образом, чтобы все три фазы были равномерно нагружены.

Процесс электрообработки корма считается законченным, и ток выключается тогда, когда температура корма поднимется до нужной величины, а именно при электросилосовании до 48—52° С, а при электрозапарке до 80—90° С.

Не всегда конечно приходится выключать все электроды сразу; при неравномерности температуры отдельные участки нужно больше оставлять под током, переключая электроды, а иногда и вторично их включая для того, чтобы такими «толчками» выравнивать температуру.

§ 22. Для измерения температуры пользуются термопарами (медь—никель, медь—константан, железо—никель), закладываемыми в несколько точек (минимум 3) силоса и соединяемыми с

гальванометром, соответственно градуированным (снабженным переводной табличкой).

После некоторого опыта можно конечно (особенно при электрозапарке) обходиться без измерений.

Для удобства термомпары заключаются в полую деревянную рейку, залитую чаттертоном, половки же термомпар остекляются и выводятся на поверхность рейки. Концы термомпар (рис. 111) смонтированы на головном реечном эбонитовом щитке и легко могут быть соединены с гальванометром. Сила тока, потребная мощность и время силосования значительно изменяются в зависимости от влажности, плотности трамбовки, температуры, кислото-накопления и пр., вследствие чего процесс электросилосования и запарки трудно поддается математическому расчету, поэтому проще пользоваться следующими нормативными данными, полученными кормовой группой ВИАСХ'а (см. табл. на стр. 264).



Рис. 111. Термомпара.

t° сред. С — среднесуточная окружающая температура среды.

t° С обраб. — средняя конечная температура обработки.

γ t/m^3 — плотность корма в тоннах на m^3 . Вес корма взят при начальной влажности, равной 18—25%.

W_2 % — средняя конечная влажность в процентах.

P_1 KW/m — начальная удельная мощность в KW на тонну.

P_2 KW/m — конечная удельная мощность в KW на тонну.

V KWh/m — удельный расход.

T эл. час — длительность эл. нагрева в часах.

T общ. суток — длительность всего процесса обработки в сутках.

Пользуясь этими нормативными данными, можно определить, исходя из заданной производительности, объем и число электросилосных башенок, потребную мощность в начале и конце процесса, а отсюда силу тока и расстояние между электродами.

ЛИТЕРАТУРА

H. Osten „Elektrofütter“. Vietze. „Die Elektrische Futterkonserwierung“.

§ 23. Электрические кормозапарники. Кормозапарники бывают как передвижные, так и стационарные.

Запариваемый продукт закладывается во внутренний металлический котел. Снизу или обоку в котел вводится парораспределитель. Пар образуется или в самом котле (рис. 112) или в специальном паробразователе (рис. 113). Над дном котла оставляется

свободное пространство, отделяемое от верхней части вторым, перфорированным дном. Это пространство служит для заливки воды и парообразования или, когда пар образуется вне котла, то для стока конденсата. Котел окружается теплоизоляцией и кожухом. Загрузка производится сверху, для чего котел снабжается герметически закрывающейся крышкой. Выгрузка производится или путем опрокидывания (небольшие модели) или через люк снизу или сбоку котла. Емкость запарников достигает 2100 л, что дает возможность загрузки около 15 ц картофеля. Время запаривания обычно равняется 4 часам.

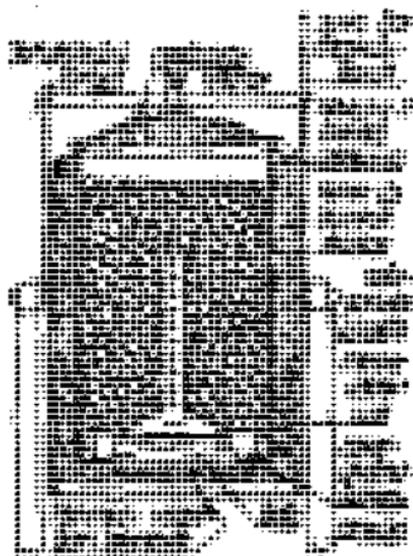


Рис. 112. Схема устройства малого запарного котла.

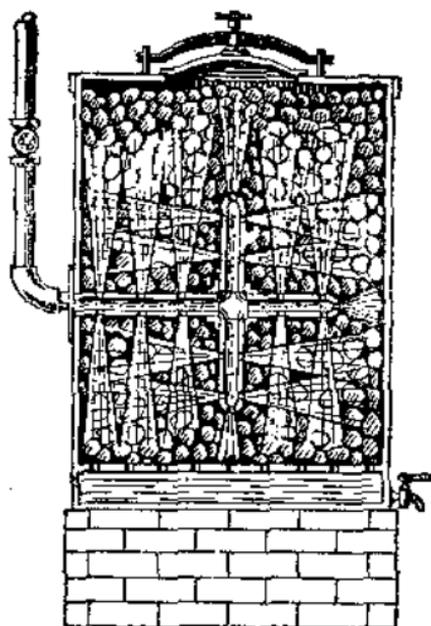


Рис. 113. Схема устройства большого запарного котла.

Удельный расход энергии на запарку составляет 8—10 кВт/ц на центнер картофеля.

(Подробнее см. книгу «Электрификация сельского хозяйства», том I, под редакцией проф. М. Г. Евреинова).

§ 24. Водоподогреватели. Из существующих типов наиболее важны:

1. Быстродействующие проточные водоподогреватели и
2. Медленно действующие аккумуляторы горячей воды.

Проточный водоподогреватель устроен так, что вода нагревается до нужной температуры, непрерывной струей протекая через прибор.

Род корма	Способ обработки	Время года	°С срд.	°С обраб.	γ м ³ /м ³	W _э %	P ₁ кВт/м	P ₂ кВт/м	V кВт/ч/м	T эл. час.	T обл. суток	Тип электрода
Ржаная мякина	Силос	Зима	+12°С	48—52°С	0,275	1,5	3,5	18—20	5—10	4—5	Сетчатые	
Ржаная мякина	Запарка	"	+12°С	80—90°С	0,275	1,5	4,0	45	12—15	1—2	"	
Ржаная солома	Силос	Лето—осень	+8°С	48—52°С	0,275	2,5—3,0	8,0—8,5	23—25	5—7	6	"	
Березовые ветки	"	Лето	+14°С	48—52°С	0,275	1,5—2,0	4,0—4,5	26	10	5	Трубчатые	
Березовые ветки	"	"	+14°С	48—52°С	0,275	1,5	4,0—4,5	16	8	5	Сетчатые	
Испорченное сено (осока)	Запарка	Зима	—4°С	80—85°С	0,275	1,2	4,5	40	23	2	"	

Достоинства прибора: компактность, удобство пользования.

Недостаток: большая мощность нагревателя.

Схема устройства аккумулятора горячей воды показана на рисунке 114. Основные части прибора: наполняемый водой резервуар, кожух, теплоизоляция, электронагреватель, регулятор температуры и водопроводная арматура.

Нормальная характеристика прибора. Предельная температура воды — $80-85^{\circ}\text{C}$. Время нагрева холодной воды до $80-85^{\circ}\text{C}$ — порядка 8 часов. Удельная мощность нагревателя $11-13\text{ W}$ на литр емкости. Емкость доходит до 5000 л и более — для специальных целей.

В предоставленном самому себе приборе вода охлаждается за сутки на $8-10^{\circ}\text{C}$, к. п. д. доходит до $90-95\%$.

Резервуары обычно выполняются из оцинкованного железа. Кожухи железные или деревянные. Для теплоизоляции за границей применяют пробковую мелочь. В наших условиях целесообразно применять торфяной порошок. Для нагревателей применяется инхром.

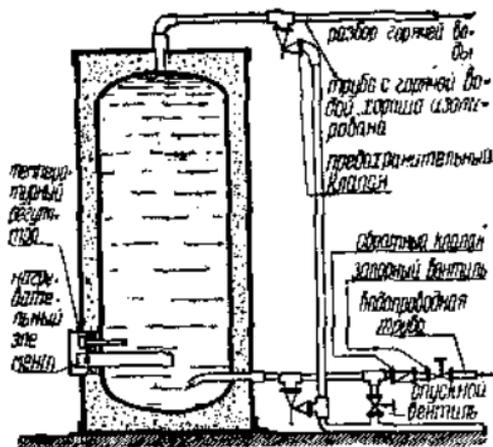


Рис. 114. Схема устройства электрического аккумулятора горячей воды высокого давления.



Рис. 115. Чистка коровы пылесосом.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

УХОД ЗА ЖИВОТНЫМИ

§ 25. Чистка скота производится пылесосами. Устройство пылесоса показано на рисунке 115. Пыль, грязь, частицы энтермиса, снимаемые щеткой-скребницей пылесоса с шерстного покрова животного, засасываются вентилятором по трубе 1 в баллон пылесоса и, встречая на своем пути фильтр, падают на дно баллона; очищенный воздух проходит через вентилятор, обтекает далее электромотор, чем достигается хорошее охлаждение мотора, и выбрасывается по трубе 2.

§ 26. Мощность, потребляемая пылесосами, составляет 150—200 W, создаваемое разрежение — 200—400—600 мм водяного столба, расход воздуха (производительность) не более 25 л/сек.

Проектируемый советский пылесос, соединенный со щетками, должен обеспечить наилучшее качество чистки при продолжительности в 3—4 минуты. Потребная мощность составит 300—500 W, производительность — 50—70 л/сек., развиваемое разрежение — порядка 300—500 мм водяного столба.

Пылесос будет служить для индивидуальной и для групповой чистки животных.

Пылесосы же бытовые могут быть с успехом применены для борьбы с насекомыми путем засасывания их пылесосом со стенок скотного двора. Производить это нужно вечером, после захода солнца, кратковременно включая электрическое освещение.

§ 27. Подмывку вымени коровы следует производить при помощи гидропульты; или на скотных дворах, имеющих подвесную дорожку, передвигать по этой дорожке подвешенный к ней бидон с теплой водой, которая по резиновым трубкам с распыляющими наконечниками подводится к вымени коровы и оmyвает его (установка совхоза им. Фрунзе).

§ 28. Сушка вымени после подмывки производится путем легкого обдувания его теплым воздухом не более 10 сек., поэтому с.-х. электрофены должны иметь мощность 300—400 W. Конструктивно электрофен состоит из небольшого вентилятора, прогоняющего воздух через электронагревательные спиральки.

§ 29. Стрижка овец электромашинками на 50% повышает производительность и увеличивает настриг на 100—300 г с головы. Количество энергии, потребляемой современными машинками, составляет 80—240 W.

Производительность в день (при плохообученном персонале)

	Механическая стрижка	Ручная стрижка
Грубошерстных овец . .	60	40
Метисов	30	20
Прекозов	25	18

За последнее время входит в практику и электрострижка коров как в гигиенических целях, так и для получения шерсти. Продолжительность стрижки коровы — 20 минут, с 1 коровы за 1 стрижку собирается 600 г шерсти. Общая стрижка коров производится обычно 2 раза в год — осенью и весной перед периодом естественной линьки. Стрижка вымени производится раз в 2 недели.

Ниже дается таблица сравнительных данных по машинкам для стрижки на основании опытов ВИЭСХ'а.

Наименование и тип машинки	Мощность, заво- рочая валом (W)	Мощность, заом- раемая машинной (W)	Мощность, раско- дующая в. стрижку (W)	Потребная мощность (W)	Потери мотора (W)	Подводимая мощность (W)	Коэффициент пол- действия мотора	Cose
Вульслей 3000 об/мин.	21	20	81	122	114	236	52	0,73
Гауптнер 1000 об/мин.	23	10,5	9,5	43	38	81	53	0,17
Советский мотор 3000 об/мин. с машинкой Гауптнер	21	31	87	139	56	197	71	0,74
Советский мотор 3000 об/мин. с машинкой Вульслей	21	20	81	122	49	171	71	0,73

Из таблицы следует, что наиболее удобен агрегат для стрижки, состоящий из советского электромотора (завода электромоторов малых мощностей) 3000 об/мин., мощностью 200 W, гибкого вала (типа, как у машинки Вульслей) и стригальной машинки типа Гауптнера.

Ниже даются правила обращения с машинкой Гауптнера:

1. Машинку поворачивать только вправо.
2. Не делать резких поворотов (изгибов рукавом, кисткой).
3. Обильно смазывать все скользящие части ножа и рукоятки.

Особенно сильно требуют смазки зубья ножей, скользящие шайбы (под шестигранными винтами), эксцентричный ролик (смазывать между эксцентричной крышкой-колпаком и рукояткой-ручкой), эксцентричный вал (имеются два отверстия для смазки в рукоятке) и гибкий спиральный вал (через отверстия в кожаном рукаве-кишке).

Примечание. При стрижке овец зубья ножа должны быть особенно часто и сильно смазаны. Жир от шерсти, который собирается между зубьями, нужно периодически удалять щеточкой, смоченной в керосине.

4. Преждевременное притупление ножей возможно по следующим причинам:

а) Недостаточна смазка и велико нагревание.

б) Неправильна регулировка. Зубья сдаются тщательно отрегулированными, и поэтому с ними ничего не надо делать. Если после длительной стрижки разрез немного ослабнет, то надо осторожно немного подтянуть (завинтить) регулирующие винты на верхнем гребешке.

в) Износился эксцентричный ролик, который после длительного употребления делается круглым; в этом случае надо эксцентрик сдать в починку.

Что нож действительно притупился, можно узнать по пробелам на местах стрижки.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Применение электричества в птицеводстве возможно в следующих случаях: 1) электрический просвечиватель яиц перед инкубацией; 2) электрический инкубатор; 3) электрический брудер; 4) облучение цыплят ультрафиолетовыми лучами; 5) отопление помещений, в которых находятся зонтичные брудеры; 6) освещение курятников зимой; 7) отопление курятников зимой; 8) электрический подогрев воды; 9) кормоприготовление; 10) облучение кур ультрафиолетовыми лучами зимой; 11) электрическая озонация воздуха в курятниках; 12) электрические запарники кормов; 13) электрические машины для сортирования яиц по величине и весу; 14) внутрихозяйственный транспорт.

§ 30. Электрификация биологических процессов. Инкубация — искусственный вывод цыплят в особых машинах, называемых инкубаторами.

Инкубатор — ящик с теплоизолирующими стенками, в котором помещаются лотки с насаживаемыми яйцами. Яйца должны находиться в инкубаторе при постоянной температуре 37,5—38°C: куриные — 21 день, утиные — 28 дней, гусиные — 28—32 дня, индюшковые — 28 дней при влажности воздуха: для кур 55—60%, для водоплавающей птицы 60—65%; влажность определяется психрометром. Яйца необходимо поворачивать 4—6 раз в сутки в течение первых 18 дней инкубации (для куриных яиц); с 19-го дня и до окончания вывода яйца не поворачиваются.

В воздухе инкубатора не должно быть более 0,5% CO₂.

Инкубаторы бывают секционные (старая система); состоят они из отдельных плоских ящичков (секций), содержащих только один лоток с яйцами емкостью на 100—200 яйцест. Каждая секция имеет отдельный обогрев, вентиляцию и увлажнение, измерительные приборы, терморегуляторы и регулируемые вентиляционные устройства. Крупные секционные инкубаторы образуются из таких же секций, составляемых в ряд и в несколько ярусов.

Щкафные инкубаторы являются современным, наиболее применяемым в крупных хозяйствах типом и состоят из шкафа, в котором находится большое число яиц (тысячи и десятки тысяч яйцест), с общим обогревом, вентиляцией и увлажнением.

Инкубатор Баккея полностью электрифицированный, тип № 46—2 на 16 128 яйцест, из которых 12 096 яйцест поме-

щаются в 108 инкубационных (поворотных) лотках и 4 032 яйдеста— в 36 выводных лотках, емкость лотков 112 яиц. Наружные размеры шкафа: длина—2,99 м, ширина—2,45 м, высота 1,82 м. Шкаф разделяется на три части (рис. 116); в средней части (коридор или смесительная камера) находятся электровентиляторы по 200 W, под ними расположены 3 электрических нагревателя 1 по 800 W каждый; увлажнение осуществляется распылением воды, текущей из трубки 2 на быстровращающийся

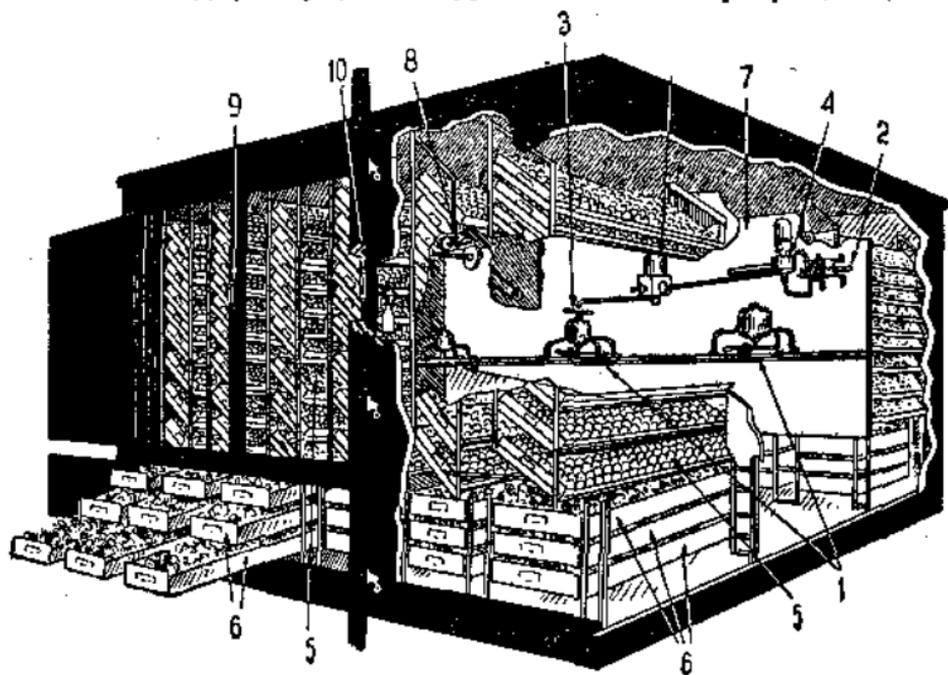


Рис. 116. Инкубатор Баккера: 1—электрические нагреватели, 2—трубка для подачи воды, 3—диск для распыления воды, 4—регулятор влажности, 5—инкубационные поворотные лотки, 6—выводные лотки, 7—перегородка, 8—поворотное устройство, 9—термометр, 10—психрометр.

диск 3, укрепленный на валу среднего вентилятора; имеется автоматический регулятор алажности 4. В двух крайних частях расположены инкубационные (поворотные) лотки 5 вверху и выводные лотки 6 внизу шкафа. Путь вентилирующего воздуха такой: свежий воздух из инкубаторного помещения входит в инкубатор через отверстия в крышке инкубатора над коридором, который отделен от двух других частей инкубатора перегородками 7; перегородки не доходят до дна шкафа, благодаря чему открывается путь воздуху через выводные лотки 6, кроме того перегородки не совсем доходят до крышки шкафа. Вентиляторы, всасывая воздух через отверстия в крышке, гонят его сначала

через нагреватели 1 вместе с парами воды, испарившейся на распылительном диске 3; нагретый и увлажненный воздух доходит до дна шкафа, отражается от него, разветвляется в обе стороны и проходит сначала через выходные лотки в горизонтальном направлении, а затем через инкубационные лотки в вертикальном направлении (вентиляция «снизу вверх») и выходит через отверстия в крышке инкубатора, имеющиеся над инкубационными лотками. При этом благодаря тому, что перегородки 7 не доходят доверху, часть отработанного воздуха вновь поступает в смешительную камеру и снова прогоняется сквозь лотки.

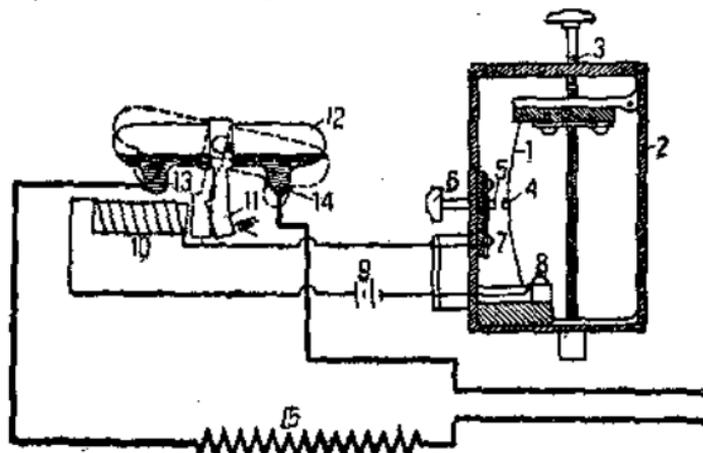


Рис. 117. Терморегулятор: 1—биметаллическая пластинка, 2—рамка пластинки, 3—регулирующий винт пластинки, 4—контакт, 5—контакт, 6—регулирующий винт контактов, 7 и 8—крепительные и соединительные винты, 9—батарея, 10—обмотка электромагнита реле, 11—якорь электромагнита, 12—вакуумная трубочка со ртутью, 13 и 14—контакт, 15—нагреватель инкубатора, 16—пружина.

Поворот инкубационных лотков производится помощью так называемых «траверсов», т. е. металлических стержней, соединенных в виде параллелограммов (клеток) шарнирами 5; клетки подвешены на осях к потолку шкафа и закреплены у дна; лотки задвигаются в эти клетки по салазкам из углового железа. Для поворота лотков на 45° в ту или другую сторону клетки, благодаря шарнирному соединению, могут перекашиваться, отчего вся группа лотков наклоняется на 45° в ту или другую сторону (сделано шестереночное устройство с цепочками 8), причем главный вал выведен наружу шкафа и имеет штурвал для поворота всех групп сразу.

Наблюдение за температурой производится по термометру 9, а за влажностью — по психрометру 10. Автоматическая регулировка температуры производится помощью терморегулятора с биметаллической пластинкой (рис. 117). Биметалличе-

ские пластинки весьма чувствительны к изменениям температуры и могут указывать на разность температур 0,2—0,3° С.

На схеме терморегулировки биметаллическая пластинка 1 показана укрепленной двумя концами в рамке 2; винтом 3 можно давать пластинке больший или меньший изгиб для грубой установки прибора. К середине биметаллической пластинки припаян контакт 4, против него имеется другой контакт 5, находящийся на конце регулировочного винта 6 для точной регулировки и установки на определенную температуру. К винтам 7 и 8, соединенным с контактами 5 и 4, подходят проводники от батареи 9, причем в эту цепь выключена обмотка электромагнита реле 10. Когда температура в инкубаторе превысит требуемую, то биметаллическая пластинка изогнется настолько, что контакт 4 при-

Инкубатор Петерсайма

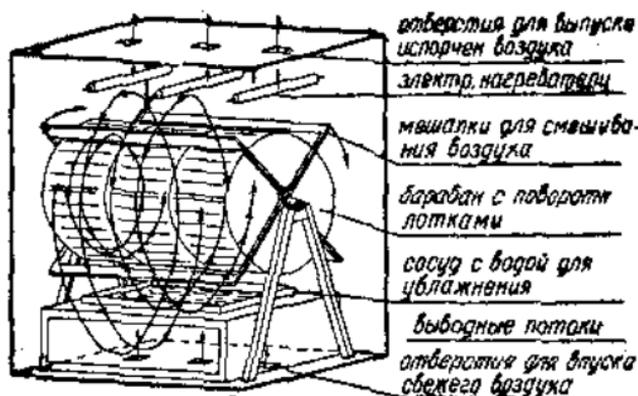


Рис. 18. Схема инкубатора Петерсайма.

коснется к контакту 5, и цепь реле замкнется. Тогда якорь 11 притянется к сердечнику электромагнита, и наклонится вакуумная трубочка 12 с ртутью, причем ртуть перельется в нижнюю часть и раз'единит контакты 13 и 14, замыкающие главную цепь, питающую нагреватель инкубатора 15. Когда температура в инкубаторе снизится, то биметаллическая пластинка несколько выпрямится, и цепь реле разомкнется; якорь 12, оттягиваемый пружиной 16, вновь поставит трубочку 12 в горизонтальное положение, ртуть сомкнет контакты главной цепи 13 и 14, и через нагреватель вновь пойдет ток. Вакуумные трубочки с ртутью применяются вместо простых контактов, так как последние при сильных токах (8—10А) обгорают и приходят в негодность. Инкубаторы советской постройки типа «Коммунар» с водяными трубами и ламповым обогревом построены по образцу инкубатора Баккея, но в «Коммунаре» увлажнение осуществляется по-

мощью лотков с водой, поставленных на дно шкафа. Поворот инкубационных лотков делается руками, без центрального привода снаружи.

Инкубатор Петерсайма—полностью электрифицированный тип № 16, емкостью 15 984 яйцест, из них 13 104 яйцест в инкубационных лотках и 2 880— в выводных лотках. Наружные размеры: длина—2,4 м, ширина—1,6 м, высота—2,15 м. Схема обогрева, вентиляции и увлажнения показана на рисунке 119.

Нагретый электрическими нагревателями (мощностью около 2 kW) воздух поднимается и уходит в отверстия в крышке инкубатора; свежий воздух, заменяющий ушедшее количество воздуха, поступает из отверстий в дне инкубатора. Таким образом в инкубаторе Петерсайма тяга естественная и в силу этого незначительная, благодаря чему создавалась бы неравномерность

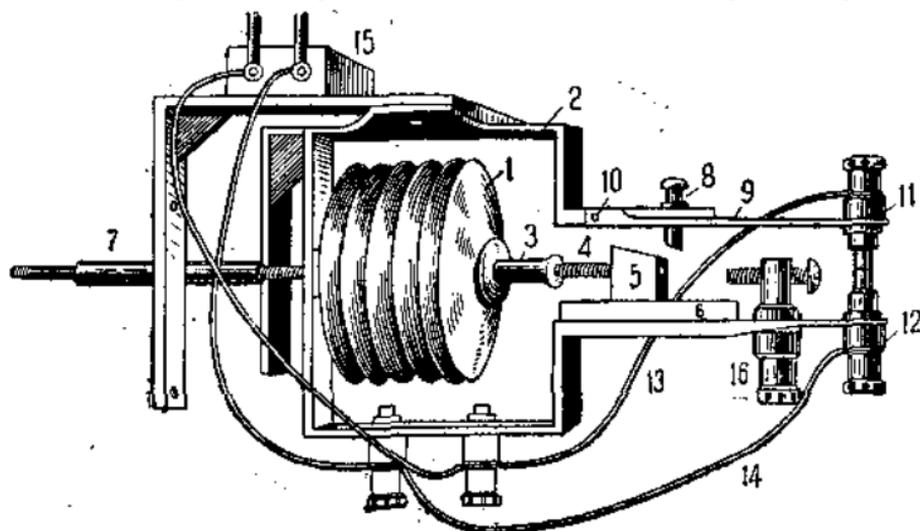


Рис. 119. Терморегулятор Петерсайма: 1—мембрана, 2—рама мембраны, 3—муфта мембраны, 4—винт, 5—молоточек, 6—салазки, 7—регулирующий винт, 8—винт для упора молоточка, 9—рычаг, 10—ось рычага, 11 и 12—контакт с клеммой для проводов, 13 и 14—провод, 15—конденсатор, 16—клемма-зажим для провода тревожного звонка, 17—винт зажима для упора молотка при тревожном звонке.

температуры внизу и сверху шкафа. Для противодействия этому применены мешалки в виде реек, укрепленные на крестовинах и вращаемые мотором (мощностью около 200 W) при 180—200 об/мин.

Инкубационные лотки помещаются в барабане, который при помощи ручки поворачивается снаружи на 45° в ту и другую сторону. Такая система поворота очень проста и удобна, но вследствие избранной Петерсаймом цилиндрической формы барабана инкубационные лотки неодинакового размера (емкостью от 126 до

210 яйцемест), что приводит к сложной системе закладки и перестановке лотков во время инкубации.

Регулировка температуры производится терморегуляторами, (рис. 119), в которых реагентами на температуру служат круглые капсюли из тонкой меди (называемые у нас «мембранами»), в которых налито некоторое количество эфира (или смесь спирта с эфиром). Эфир закипает при 34,6°С, поэтому в инкубаторной температуре он находится в парообразном состоянии и очень резко реагирует на изменения температуры, при этом мембраны расширяются или сжимаются, чем и пользуются для приведения в действие систем рычагов и контактов, замыкающих и размыкающих ток в нагревателях.

§ 31. Расчет обогрева, вентиляции и увлажнения инкубаторов шкафной системы. Теплота расходуется в инкубаторе:

1. На излучение стенками шкафа.
2. На обогрев вентилирующего воздуха.
3. На образование паров воды для увлажнения.
4. На разные случайные потери (открывание дверей, неплотность в дверцах, случайные щели и т. п.); эти потери точно учесть нельзя, поэтому они исчисляются как 20—25% от общего расхода на обогрев.

Эти два расчета ведутся совместно

Количество теплоты, излучаемой стенками шкафа, определяется так: $Q = K \cdot F(t - t_0)$ больших калорий в час, где K — коэффициент теплопередачи стенок, F — поверхность стенок в кв. метрах, t — температура в инкубаторе, t_0 — температура в инкубаторном помещении.

Исчисление K производится по определенным правилам, налагаемым в курсах отопления. В зависимости от конструкции стенок величина K примерно равняется:

а) для каркасных стенок, состоящих из брусков 5 × 5 или 6 × 6 см, на которые снаружи и внутри набита фанера толщиной 6 мм, с заполнением промежутка стружками, торфом и другим изолирующим материалом, K равняется приблизительно единице:

Дни инкубации	Количество потребного воздуха в сутки (в литрах)	Дни инкубации	Количество потребного воздуха в сутки (в литрах)	Дни инкубации	Количество потребного воздуха в сутки (в литрах)
1-й день	138,75	8-й день	773,41	15-й день	6 184,43
2-й "	90,61	9-й "	988,26	16-й "	7 223,67
3-й "	127,43	10-й "	1 359,22	17-й "	7 840,98
4-й "	236,54	11-й "	1 894,41	18-й "	8 164,80
5-й "	336,97	12-й "	2 681,62	19-й "	8 404,49
6-й "	421,92	13-й "	3 638,73	20-й "	10 811,43
7-й "	552,18	14-й "	4 935,65	21-й "	15 361,97

б) для сплошных деревянных стенок толщиной 5—6 см; K равен приблизительно 1,5;

в) для стенок с двойными стеклами K равен приблизительно 2. Расход тепла на обогрев вентилируемого воздуха при заданной температуре и влажности рассчитывается, исходя из количества проходящего через инкубатор вентилируемого воздуха.

Количество воздуха, непрерывно вводимого в инкубатор для обеспечения дыхания 100 зародышей, установлено опытным путем (см. таблицу на стр. 273).

Относительной влажностью называется отношение, показывающее, какую долю от максимального количества пара, могущего быть в воздухе при данной температуре (состояние насыщения), составляет действительно содержащееся при той же температуре количество пара:

$$\gamma = \frac{P_{\text{действ}}}{P_{\text{насыщ}}}$$

Обыкновенно это отношение показывается в процентах:

$$\gamma = \frac{100 P_{\text{действ}}}{P_{\text{насыщ}}}$$

Абсолютной влажностью называется количество пара по весу (в граммах), содержащееся в 1 кг сухого воздуха.

Расчет теплоты, потребной для нагрева воздуха, содержащего заданное количество влаги, производится на основе формул, показывающих содержание (скрытой) теплоты в увлажненном воздухе:

1. Количество теплоты в 1 кг сухого воздуха — $i_v = 0,24 t$
2. " " " 1 " пара $i_n = 595 + 0,46 t$
3. " " " смесь, состоящей из 1 кг сухого воздуха
и x кг пара:

$$i_n + i_v = 0,24 t + (595 + 0,46 t) x.$$

Здесь: 0,24 — удельная теплоемкость сухого воздуха, 0,46 — удельная теплоемкость водяного пара, 595 — теплота парообразования при 0° С.

Например: в помещении температура — 20° С, влажность — 40%, а в инкубаторе температура 38° С и влажность — 60%, причем требуется сменять каждый час в инкубаторе 50 м³, или $50 \times 1,2 = 60$ кг воздуха.

Число граммов насыщающего пара в 1 кг воздуха при данной температуре указывается в таблицах справочников по отоплению. Например при 20° количество насыщающего пара будет 14 г, а при 38° равняется 41 г; следовательно при 40% и 60% относительной влажности соответственно будет:

$$x_1 = 5,6 \text{ г} = 0,006 \text{ кг}; \quad x_2 = 24,6 \text{ г} = 0,025 \text{ кг}.$$

Количество теплоты, содержащейся в 1 кг воздуха:

а) помещения:

$$i_1 = 0,24 \cdot 20 + 0,46 \cdot 0,006 \cdot 20 + 595 \cdot 0,006 = 8,42 \text{ кал.};$$

б) инкубатора:

$$i_2 = 0,24 \cdot 38 + 0,46 \cdot 0,025 \cdot 38 + 595 \cdot 0,025 = 24,37 \text{ кал.}$$

Следовательно на каждый 1 кг воздуха, вводимого из помещения в инкубатор, требуется дать тепла

$$i_2 - i_1 = 24,37 - 8,42 = 15,95 \text{ кал.}$$

А на 60 кг, вводимых в инкубатор каждый час:

$$15,95 \times 60 = 557 \text{ кал'час.}$$

Расход энергии на 1 яйцо за период инкубации зависит от конструкции инкубатора, температуры и влажности помещения и выведен из следующей таблицы:

Инкубаторы	Емкость яиц-мест	Наружные размеры			Подогревая мощность (W)	Мощность на 1 яйцесто (W)	Средняя расходуем. влажность на 1 яйцесто (ш)	Расх. энергии за 21 день инкубации в кВт
		Длина	Ширина	Высота				
„Баккея“ № 46а . . .	16 128	2,99	2,45	1,82	3 000	0,18	0,14	0,071
„Петерсайм“ № 16	15 984	2,4	1,6	2,15	2 200	0,14	0,11	0,055

§ 32. Брудерация. Брудеры зонтичные. Цыплята, выведенные в инкубаторе, нуждаются в укрытии от холода, для чего применяются приборы, называемые брудерами. Наиболее распространенная форма брудеров в виде зонта на ножках.

Зонты имеют форму усеченных конусов или усеченных 6- и 8-гранных пирамид и делаются на разное число цыплят; у нас нормальной емкостью брудера считается 500 суточных цыплят. На 1 цыпленка требуется около 40 см² подбрудерной площади, следовательно на 500 цыплят нужно 20 000 см², или 2 м². При конусном брудере диаметр основания будет 1,6 м, при шестиугольном — диаметр описанного около шестиугольника круга — 1,76 м.

Американские зонтичные электрические брудеры с излучательным обогревом благодаря несгораемому материалу зонтов имеют нагреватели с сильным нагревом (иногда до красного накала), вследствие чего теплоизлучение получается значительное. Зонты

наших брудеров делаются из фанеры, поэтому необходимо обезопасить дерево от горения, для чего нужно: не давать нагревателям нагрева более $120-150^{\circ}\text{C}$; расстояние между нагревателем и деревом делать не меньше 15 см; не делать занавесок ме-

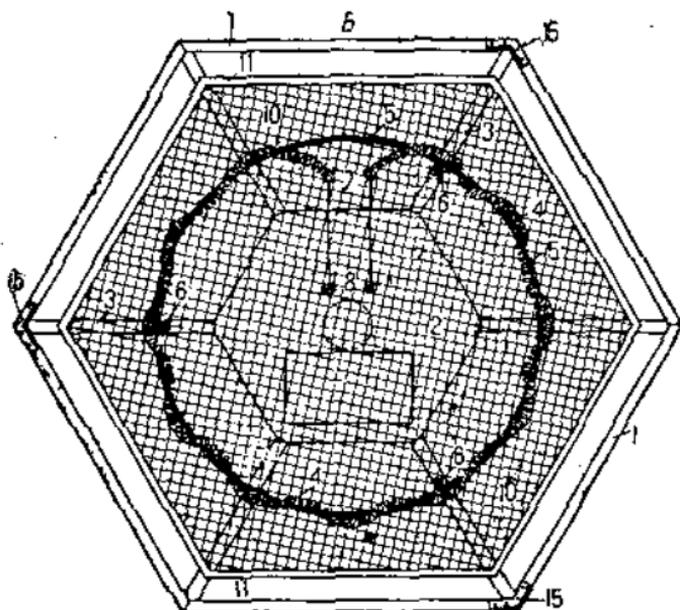
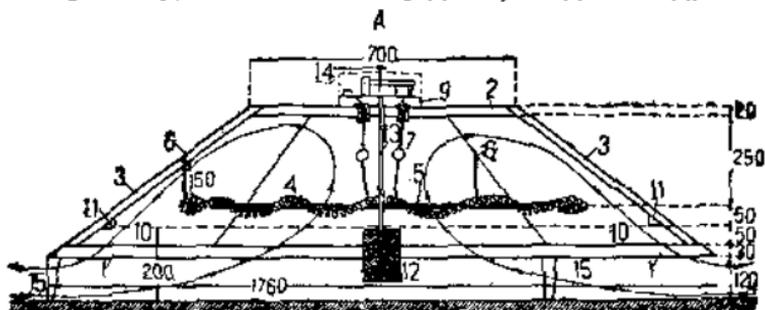


Рис. 120. Электрическ. вентильный брудер на 500 цыплят: 1—нижняя шестиугольная рама, 2—верхняя шестиугольная доска, 3—боковые ребра брудера, 4—спираль нагревателя, 5—кольцо нагревателя, 6—подвески кольца, 7—изолирующие втулки, 8—клеммы-зажимы терморегулятора, 9—сетка, 10—рамка сетки, 11—рамка терморегулятора, 12—трубка, поддерживающая мембрану, 13—регулирующий винт, 14—ножная подставка брудера.

жду краем зонта и полом, что уменьшает вентиляцию и способствует сильному нагреву дерева; покрывать внутреннюю поверхность фанеры зонта огнеупорной краской.

На рисунке 120 показан электрический брудер на 500 цыплят

с шестигранным зонтом из фанеры; *a* — разрез, *b* — вид снизу. Размеры и циркуляция воздуха также видны из рисунка.

Температура под брудером для самых маленьких цыплят должна быть около 35°C , а затем с возрастом цыплят уменьшается до 26° — 24°C . При температуре в центре 25°C , у краев зонта держится температура 26 — 27°C , что допустимо, так как более здоровые цыплята сами ищут умеренной температуры.

На основании опытных данных подводимая к брудеру мощность должна равняться 2 W на цыпленка; таким образом мощность для брудера на 500 цыплят равняется 1 kW . Средний расход энергии за время подбрудерного воспитания цыплят (45 дней, или около 1000 час.) исчисляется в среднем 1 kWh , а в холодных местностях — около $1,5\text{ kWh}$.

Батарейные брудеры в настоящее время имеют большее распространение за границей, у нас им также начинают отдавать предпочтение перед зонтичными брудерами.

Батарея типа ВИЭСХ для цыплят младшего возраста (рис. 121) состоит из двух прутьев батарей, составленных задками; между батареями вставлены блоки (рис. 122) с нагревателями и шахтами, когда блоки составлены и скреплены с батареями, то схема обогрева и вентиляции следующая (рис. 123). Батареи составляют задними стенками, между ними оставляется короб или шахта 1 для поступления воздуха.

По сторонам шахты имеются камеры 2 против каждой клетки 3. В каждой камере имеется нагреватель 4, теплый воздух идет из камеры в клетку через отверстие 6. Приток свежего воздуха проходит из камеры 1 через отверстие 5, испорченный воздух из клетки выходит в помещение через решетки в передней стенке клеток. Из помещения испорченный воздух удаляется при помощи электрических вентиляторов. Если хозяйство небольшое, из одной-двух батарей, каждая на 3000—4000 цыплят, то естественная тяга в батареях может быть достаточной, но в крупных хозяйствах, имеющих батарейные цеха на 40000—50000 цыплят, в батареях нужна принудительная вентиляция с получением свежего воздуха со двора.

Батарея ВИЭСХ имеет 6 этажей, по 8 клеток в этаже, всего 96 клеток по 40—50 цыплят в клетке; общая емкость около 4500 яйцемест.

Воспитываемые в батареях цыплята разделяются по возрастам: младший (до 15—20 дней, или 2—3 недели), средний (40—45 дней или около 6 недель) и старший (до 60—75 дней, или 8—



Рис. 121. Общий вид электробрудера ВИЭСХ № 1.

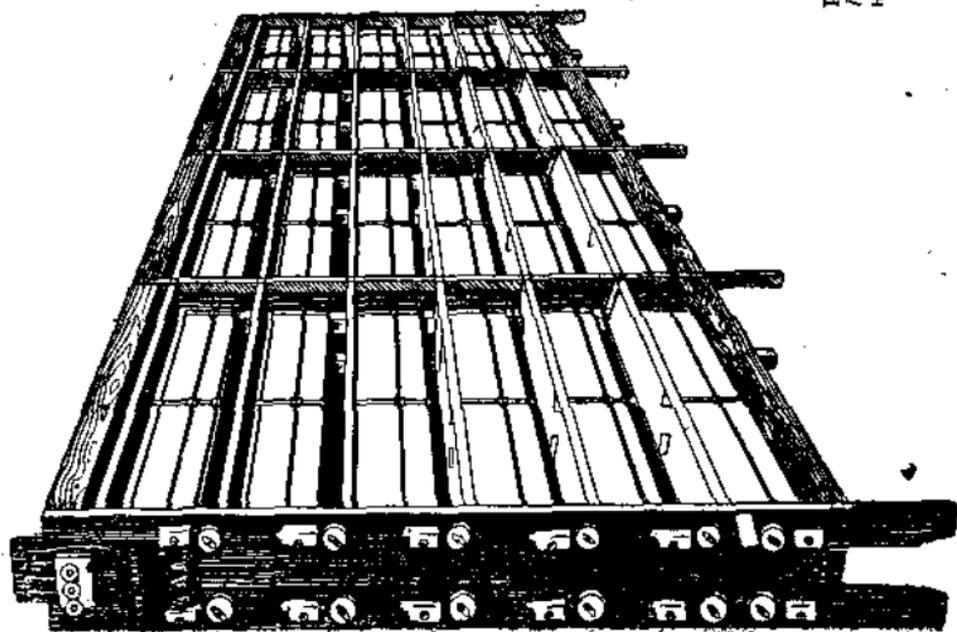


Рис. 122. Нагревательный блок электр.обрулера
ВНЭСХ, № 1.

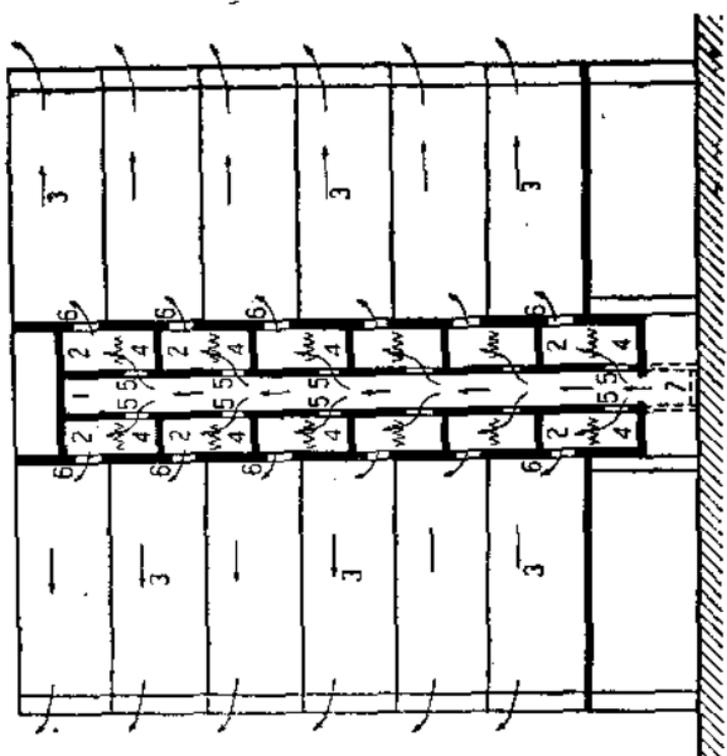


Рис. 128. Схема обогрева и вентиляции батарейного брулера:
1—короб или шахта, 2—камеры, 3—клетки, 4—нагреватель, 5—вход-
ное отверстие холодного воздуха, 6—входное отверстие теплого
воздуха, 7—труба.

10 недель). Требующиеся для цыплят температура, площадь пола, клеток и высота клеток даются в таблице.

Возраст цыплят	Температура	Площадь пола на 1 цыпленка (в кв. сантиметрах)	Высота клеток (в сантиметрах)	Примечание
Младший . . .	34—28°	100—125	22—24	Для старш. возраста отдельного обогрева клеток не нужно
Средний . . .	27—23°	200—240	27—29	
Старший . . .	20—18°	300—320	36	

Клетки обычно делаются на 40—50 суточных цыплят и имеют приблизительно площадь пола 75×75 см².

Подводимая мощность определена лишь приблизительно — 2,5 W на цыпленка, так как испытаний на птице батарей с электрообогревом пока не имеется. Средняя мощность за период воспитания в 60 дней вероятно будет около 1,5 W на цыпленка, а потому расход энергии будет: $1,5 \times 50 \times 24 =$ около 2 kWh.

Специальное освещение птичников (так называемый искусственный день) в зимнее время (с октября по март), применяемое утром и вечером с таким расчетом, чтобы искусственное и естественное освещение продолжалось 12 час., очень повышает яйценоскость кур (конечно при соответственном кормлении). Лампы применяются 50-ваттные, газонаполненные, из расчета 1 лампа на 60—70 кур. Высота подвеса около 2 м, расстояние между лампами — 3 м. Рефлектор должен бросать лучи не только на пол, где корм, но обязательно и на насесты. Схема проводки освещения должна быть такова, чтобы вечером можно было гасить свет постепенно.

ОТДЕЛ ПЯТНАДЦАТЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВ

§ 1. Электрическое нагревательное оборудование, применяемое в теплицах и парниках, должно удовлетворять следующим основным требованиям: быть надежным в действии, дешевым, недефицитным, безопасным в обращении.

§ 2. Нагревательный кабель — жила, по которой идет ток — никелиновая проволока диаметром около 1 мм. Изоляция — двухслойная оплетка асбестовой нитью и один слой бумажной ленты со специальной пропиткой. Предохранительная оболочка — свинцовая оболочка с двумя слоями бумажной асфальтированной ленты; служит для предохранения внутренней части кабеля от действия сырости, кислот и щелочей, имеющихсся в почве. Кабель дает почве в виде тепла 30 W с погонного метра.

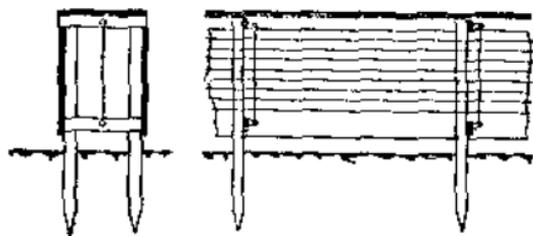


Рис. 124. Система воздушного обогрева теплиц электрическим током.

При монтаже берется железная, обязательно оцинкованная проволока не тоньше 1,5 мм и не толще 3 мм в диаметре. Длина определяется по расчету. Проволока должна быть целой, без сращивания. Присоединение к проводам должно быть надежным и обязательно на болтах.

В каждый короб, окружающий один провод, заводится лишь одна фаза, причем присоединение к фазе сделано в одном конце короба, а в другом конце сделано присоединение к нулевому проводу. Подвеска проводов выполняется по рисунку 124. Провод не должен располагаться ближе 8 см к деревянным частям короба. Короб должен иметь во всю длину 4 щели в 5 см для правильной циркуляции воздуха. Ролики для крепления берутся шнуровые не менее 23 мм. Все провода должны иметь предохранительное закрытие во избежание случайного прикосновения к оголенному проводу, что может повлечь электрический удар.

§ 3. Конструкция ВИСХа, предназначенная для обогрева воздуха в теплицах (рис. 124) состоит из ряда рамок, крепящих нагревательные провода, и защитных досок. Рамки располагаются на расстоянии 50—60 см друг от друга вдоль опорных столбов теп-

§ 4. Для электрического обогрева почвы применяются следующие системы:

1) Прокладка в гончарных трубах. Глазурованные трубы диаметром 50—100 мм закладываются на глубине около 30 см.

Крепление труб производится порландским цементом.

Железные оцинкованные провода, протянутые через трубы, и служат нагревательными элементами.

При этом оборудовании парников следует придерживаться правила, чтобы в парник заводилась лишь одна фаза, и нулевая точка находилась на противоположном конце парника от ввода.

2) Оборудование почвенного обогрева по системе Протополова. Для изоляции проводов применяются подземный короб и специальные гончарные глазурованные изоляторы или изоляторы из цемента с заделкой в местах для отверстий обычных фарфоровых ступок.

Деревянный короб делается из двух досок III сорта одинаковой ширины и длиной в 2 м. Доски сколачиваются жолобом, в который закладываются на расстоянии около 50—70 см треугольные изоляторы. Изоляторы укрепляются прижатием их к жолобу дощечкой в 15—20 см, притягиваемой в свою очередь двумя проволоочными затяжками.

В почве делаются канавки, куда закладываются нагревательные короба. Через изоляторы продергиваются железные провода, и короба ставятся на свои места в канавке; затем проволока натягивается и закрепляется у вводов в парник. После этого ставятся патрубки на местах стыков коробов. Здесь надо следить, чтобы в местах стыков оставались щели для прохода нагретого воздуха по патрубку. Затем короба с установленными патрубками засыпаются землей, которая и разравнивается. Необходимо следить, чтобы земля не закаливалась на провода.

Патрубки горячего воздуха следует располагать в шахматном порядке.

В системе из 3 проводов, находящихся в каждом коробе, 2 нижних являются рабочими, а третий, верхний — запасным на случай перегорания одного из проводов. Поэтому верхний провод нормально остается не включенным в линию. Перегоревший провод необходимо немедленно выдернуть, обязательно обесточив предварительно весь парник.

§ 5. Расчеты электрических нагревательных систем. Тепло, получаемое в проводе, передается окружающей среде в виде лучистой теплоты (радиации) и в виде конвекции, т. е.

$K = K_e + K_k$; K_e — коэф. конвекции, по Ньюселльгу равен:

$$K_e = 4,27 \sqrt{\frac{T_1 - T_2}{d}} \cdot 10^{-4} \text{ вт./см}^2/1^\circ\text{C},$$

Провод диаметром 1,5 мм

t_n провода	ρ_{20}	$t_B = 30^\circ$		$t_B = 50^\circ$		$t_B = 80^\circ$		$t_B = 100^\circ$	
		W	e	W	e	W	e	W	e
160	0,208	19,3	1,50	16,1	1,38	11,5	1,17	8,4	1,0
180	0,221	23,4	1,71	20,2	1,52	13,3	1,39	17,0	1,23
200	0,236	27,9	1,93	24,4	1,81	19,5	1,57	16,0	1,47
220	0,251	33,4	2,19	29,0	2,03	23,9	1,81	20,4	1,71
240	0,267	38,5	2,42	34,0	2,27	28,6	2,08	25,0	1,95
260	0,284	43,9	2,66	39,5	2,51	33,8	2,34	30,0	2,20
280	0,301	49,4	2,81	44,9	2,77	39,2	2,60	36,4	2,50
300	0,321	55,5	3,17	50,7	3,04	45,0	2,87	40,9	2,73

Провод диаметром 1,8 мм

t_n провода	ρ_{20}	$t_B = 30^\circ$		$t_B = 50^\circ$		$t_B = 80^\circ$		$t_B = 100^\circ$	
		W	e	W	e	W	e	W	e
160	0,208	22,3	1,35	18,8	1,24	12,6	1,02	9,8	0,90
180	0,221	27,1	1,53	23,4	1,43	16,8	1,21	14,1	1,11
200	0,236	32,3	1,73	28,4	1,63	21,3	1,41	18,7	1,32
220	0,251	37,8	1,94	33,8	1,83	26,3	1,61	23,9	1,54
240	0,267	43,7	2,14	39,4	2,04	31,5	1,82	29,2	1,75
260	0,284	49,9	2,36	45,7	2,26	37,2	2,04	35,0	1,98
280	0,301	56,5	2,59	52,2	2,49	43,1	2,26	41,4	2,22
300	0,321	63,3	2,83	59,1	2,73	49,6	2,50	47,9	2,46

Провод диаметром 2,1 мм

t_n прово- да	ρ_{20}	$t_n = 30^\circ$		$t_n = 50^\circ$		$t_n = 80^\circ$		$t_n = 100^\circ$	
		W	e	W	e	W	e	W	e
160	0,208	25,3	1,26	21,2	1,13	15,1	0,96	11,1	0,82
180	0,221	30,7	1,40	26,6	1,30	20,2	1,14	15,9	1,01
200	0,236	36,6	1,58	32,2	1,48	25,6	1,32	21,2	1,21
220	0,251	42,9	1,76	38,2	1,66	31,5	1,52	27,0	1,40
240	0,267	49,3	1,95	45,0	1,86	37,8	1,71	33,0	1,60
260	0,284	56,5	2,15	51,8	2,06	44,9	1,92	39,8	1,79
280	0,301	64,0	2,36	59,3	2,27	52,0	2,13	47,0	2,02
300	0,321	72,0	2,58	67,1	2,40	59,6	2,36	54,5	2,25

Провод диаметром 2,5 мм

t_n прово- да	ρ_{20}	$t_n = 30^\circ$		$t_n = 50^\circ$		$t_n = 80^\circ$		$t_n = 100^\circ$	
		W	e	W	e	W	e	W	e
160	0,208	29,2	1,11	24,6	1,02	17,5	0,90	12,9	0,74
180	0,221	35,5	1,26	30,6	1,17	23,3	1,07	18,5	0,91
200	0,236	41,3	1,41	37,3	1,34	29,6	1,25	24,6	1,09
220	0,251	49,5	1,59	44,4	1,51	36,6	1,43	31,3	1,27
240	0,267	57,3	1,77	51,9	1,68	44,0	1,62	38,6	1,45
260	0,284	65,5	1,95	60,2	1,86	51,8	1,81	46,2	1,54
280	0,301	74,3	2,14	68,6	2,02	60,5	2,01	54,5	1,83
300	0,321	83,6	2,34	77,9	2,25	69,3	2,21	63,4	2,04

Провод диаметром 3,0 мм

t_n прово- да	ρ_{20}	$t_n = 30^\circ$		$t_n = 50^\circ$		$t_n = 80^\circ$		$t_n = 100^\circ$	
		W	e	W	e	W	e	W	e
160	0,208	34,0	1,00	28,6	0,92	20,4	0,78	15,0	0,67
180	0,221	41,4	1,14	35,7	1,06	27,1	0,93	21,6	0,82
200	0,236	49,1	1,28	43,2	1,20	34,5	1,07	28,8	0,98
220	0,251	57,6	1,43	51,7	1,36	42,6	1,23	36,6	1,14
240	0,267	66,6	1,59	60,5	1,52	51,1	1,39	45,5	1,31
260	0,284	76,0	1,75	70,5	1,68	60,6	1,57	54,0	1,48
280	0,301	86,6	1,92	80,0	1,85	70,6	1,73	63,7	1,65
300	0,321	97,5	2,11	91,0	2,03	85,8	1,98	74,0	1,84

K_s — коэффициент радиации определяется по закону Стефана-Больцмана по формуле:

$$K_s = C_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{1}{T_1 - T_2}$$

Здесь C_1 константа радиации, зависит от состояния поверхности провода и может быть принята:

$$C_1 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ вт/см}^2/\text{Г}^\circ\text{С.}$$

Для удобства подсчета приводятся разработанные ВИАСКом таблицы, где даны следующие необходимые величины: ρ — удельное сопротивление; W — количество ваттчасов, переходящее в тепло (1 киловаттчас = 860 больш. калорий); e — падение напряжения на 1 пог. метр провода; t_n — температура провода; t_a — температура воздуха, окружающего провод.

ОТДЕЛ ШЕСТНАДЦАТЫЙ МАСТЕРСКИЕ

Зимняя производственная программа мастерских, выраженная в станкочасах (А), может быть определена, исходя из:

1) мощности тракторного парка — в среднем на 1 л. с. на крюке (приходится — 12 (от 10 до 14) га;

2) для ремонта 1 тракторной л. с. с соответствующими набором прицепных с.-х. машин требуется в среднем 8,15 станкочаса (4,03 станкочаса для ремонта тракторов и 4,12 станкочаса для ремонта прицепных с.-х. машин);

3) для ремонта транспортных средств (автомобили и пр.), для работ по механизации хозяйства и на обслуживание ближайших хозяйств (совхозы и колхозы), вычисленное количество станко-часов требуется увеличить на 50—150%;

4) продолжительность зимнего ремонтного сезона составляет: $T = 120$ дней, коэффициент использования станков $\eta = 0,8$ (нормы Госплана), сменность работ в мастерских зимой можно принять равным $n = 2$ (16 часов), тогда потребное количество станков N определится по формуле:

$$N = \frac{A}{T \cdot n \cdot \eta} = \frac{A}{120 \cdot 16 \cdot 0,8} \text{ станков.}$$

§ 7. Практика мастерских МТС и зерносовхозов дает следующее распределение работ по видам станков (в процентах):

Токарные работы	50%
Сверлильные работы	30%
Прочие работы	20%
Итого	100%

Таким образом в мастерских должно быть:

Токарных станков	0,5 N штук
Сверлильных станков	0,3 N .
Прочих (фрезерных, шлифов.)	0,2 N .

Кроме того в мастерских обязательно должен быть точильный станок, желательна приводная ножовка, в кузнице обязательно должен быть вентилятор на 2—3 горна (см. подробно журнал «Механизация социалистического сельского хозяйства», 1932 г., № 9, статья Пущина и справочники Зернотреста за 1929—1931 гг.).

§ 2. Мощности, требуемые различными станками, даются в следующих таблицах:

1. Токарные станки

Высота центров в мм	150	200	250	300	350	400	500
Потребная мощность в кВт	1,1	1,5	1,9	2,2	2,6	3,0	3,3

2. Сверлильные станки

Диаметр отверстия в мм	20	30	40	50	75	100
Потребная мощность в кВт	1,1	1,5	2,2	3,0	3,7	5,2

Настольная сверлилка требует мотор 0,5 кв.

3. Станки для расточки цилиндров

Диаметр сверлильного вала в мм	150	200	250	300	350	400
Для расточки до диаметра в мм	700	800	1 000	1 200	1 500	2 000
Потребная мощность в кВт	3,7	4,4	5,2	5,9	7,4	8,8

4. Горизонтально- и универсальнофрезерные

Площадь стола в кв. мм	500 × 125	750 × 150	1 000 × 200	1 250 × 250
Высота центра делительной головки в мм	100	110	125	150
Потребная мощность в кВт	0,44	0,74	1,5	2,2

5. Шлифовальные станки

Диаметр наждачного круга в мм	250	300	500
Потребная мощность в кВт (зависит от толщины круга)	3,7—4,9	4,4—7,4	7,4—11,0

6. Строгальные станки

Ширина строгания и высота в мм	600	800	1 000	1 250
Длина строгания в мм	1 500	2 000	2 500	3 000
Потребная мощность в кВт	2,2	3,7	4,8	5,9

7. Пружинные молоты

Вес бабы в кг	25	50	75	100
Ударов в минуту	250	240	230	200
Потребная мощность в кВт	1,0	1,8	2,6	3,0

8. Круглые пилы по дереву

Диаметр пилы в мм	150	200	300	400	500	600	700	800	900
Толщина пилы в мм	0,9	1,05	1,45	1,85	2,25	2,6	2,9	3,25	3,5
Скорость вращения об/мин.	6 300	4 800	3 360	2 800	2 300	1 900	1 600	1 400	1 180
Потребная мощность кВт	1,1	1,5	2,2	3,7	5,2	6,6	8,1	9,6	11,0

9. Строгальные и фрезерные станки по дереву

Наименование станков	Ширина строгания в мм	Подача в мм	Скорость резания м/сек.	Потребная мощность кВт
Фуговочные	200—1 000	Ручная	25	1,5—4,5
Пропускные-строгальные	200—1 600	3—9	20—30	1,5—11
Четырехсторонние	80— 300	3,2—12	25—30	7,5—15
Фрезерные	—	—	30—45	0,7—4,5

10. Токарные по дереву

Высота центров в мм	750,0	600,0	500,0	400,0	300,0
Расстояние между центрами в м	3,0	3,0	2,4	2,4	1,5
Потребная мощность в кВт	3,7	3,0	2,2	1,5	1,5

11. Отдельные станки

Электрическая дрель	0,5 кВт
Станок для точки циркулярных пил	0,75 кВт
Точильный станок с двумя камнями	1 кВт
Песочное точило	0,75 кВт
Вулканизационный аппарат	1,5 кВт
Кузнечный вентилятор на 3 огня	1,0 кВт
на 4	1,5 кВт
Электросварочный аппарат переменного тока (часто применяется аппарат для сварки встык типа АС8)	8—14 кВт

Моторы, установленные в мастерской, никогда не работают все вместе; при 3—5 моторах коэффициент одновременности для присоединенной мощности составляет 0,8—0,7, а при 10—15 моторах 0,6—0,5.

Годовой коэффициент использования присоединенной мощности зависит от сменности работ и при двух сменах для зимнего сезона составляет 1800—2000 часов.

Моторы для мастерских обычно можно брать открытого типа (за исключением кузнца), располагаются моторы на стене или потолке, подводка тока осуществляется проводом ГРН на роликах или в бракованных газовых трубах (если мотор ставится внизу). Ввиду относительно небольшого числа оборотов большинства станков (200 об/мин.), часто приходится применять контрприводы.

**ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПЕРВИЧНАЯ ПОМОЩЬ
ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

ГЛАВА ПЕРВАЯ

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ВОЗМОЖНОСТЬ
ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

Электрический ток, проходящий через человека, соприкоснувшегося с токоведущими частями электрических устройств, может вызвать при наличии благоприятных условий для поражения током электрический удар. Электрический удар выражается в мгновенном появлении судорог, ослепления, потери сознания и ослаблении деятельности всех органов, в результате чего может последовать смерть. Помимо этого могут иметь место различные травматические повреждения, как-то: ожоги, разрыв тканей и т. д.

§ 1. Условия, определяющие для человека, попавшего под напряжение, степень опасности, это сила тока, протекающего через тело, и продолжительность пребывания под напряжением. Токи силой от 0,05А и выше являются безусловно опасными для человеческого организма, причем при повышении силы тока от 0,1 до 1А опасность поражения растет, что нельзя сказать с уверенностью про более высокие силы тока, но зато здесь увеличиваются количественно и качественно травматические повреждения. Продолжительность включения имеет большое значение при электрическом ударе, так как для действия тока необходим некоторый, хотя и небольшой, промежуток времени; кроме того при увеличении времени пребывания под током сопротивление человеческого тела уменьшается, что создает более благоприятные условия для поражения электрическим током.

Рассмотрим влияние различных факторов на степень опасности поражения электрическим током.

§ 2. Сопротивление человеческого тела вместе с напряжением определяет силу тока, протекающего через человека, и состоит из сопротивления кожи и, в очень малой степени, из сопротивления собственно тела. Величина эта колеблется для различных индивидуумов в очень широких пределах (от нескольких сот до миллионов ом). Практически за нижний предел сопротивления человеческого тела можно принять 1000 ом.

$$E_{\text{макс.}} = J_0 R_0 = 0,05 \cdot 1000 = 50 \text{ V.}$$

В СССР максимальная величина безопасного напряжения принимается равной 40 В, все напряжения выше этой величины считаются опасными для жизни.

Частота. Д'Арсонваль нашел, что воздействие тока на нервную систему увеличивается при увеличении частоты до 1500 пер./сек., в промежутке от 1500 до 2500 оно остается постоянным и при частотах выше 2500 пер./сек. начинает уменьшаться.

§ 3. Расположение электродов не уменьшает опасности поражения электрическим током. В теле электрический ток движется по кровеносным сосудам, поэтому электрический удар может последовать даже тогда, когда сердце как будто бы и не расположено на пути тока.

§ 4. Род тока. Ряд авторов указывает на большую опасность переменного тока по сравнению с постоянным при всех равных условиях, это же подтверждается и статистическими данными.

§ 5. Физиологическое и психологическое состояние организма влияет на возможность поражения электрическим током. Установлено, что более крепкие и выносливые люди имеют большее сопротивление тела и в меньшей степени подвержены электрическому удару, чем слабые и больные. Испуг вызывает сильное понижение сопротивления человеческого тела, поэтому подготовленные люди меньше подвержены удару. Привыкнуть к электрическому току нельзя, и «привыкший» человек может быть, при наличии благоприятных условий, убит так же легко, как и всякий другой.

ГЛАВА ВТОРАЯ

КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Согласно нормам ЦЭС установки, в которых максимальное напряжение, могущее появиться между любым из проводов и землей, не превышает 250 В, относятся к установкам низкого напряжения, а все остальные — к установкам высокого напряжения.

Такое разделение нельзя истолковывать как признак безопасности установок низкого напряжения. Название «низкое» указывает лишь на то, что здесь мероприятия по охране безопасности могут быть достигнуты более простым путем, дающим возможность осуществить их в нормальных производственных и бытовых условиях.

Согласно принятым в СССР стандартам напряжений к установкам низкого напряжения могут быть отнесены все установки с напряжением между проводами до 220 В, а также трехпроводные установки постоянного тока с напряжением 440/220 В и трехфазного с напряжением 380/220 В, при условии, что нулевая

точка этих установок заземлена. При незаземленной нулевой точке установки постоянного тока 440/220 В и трехфазного 380/220 В должны причисляться к установкам высокого напряжения.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОБЩИЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

§ 6. Одним из мероприятий, применяемых для уменьшения степени опасности при попадании под напряжение, является заземление нулевой точки установок.

К достоинствам такого способа следует отнести:

1) Уменьшение действующего напряжения между проводом и землей: в трехпроводных установках постоянного тока в 2 раза и в трехфазных установках переменного тока в 3 раза.

2) В случае «глухого» заземления дефектная часть установки может быть автоматически отключена (предохранители, максимальные автоматы).

3) В случае появления на низкой стороне высокого напряжения вследствие пробоя трансформатора или от атмосферного электричества заземление нуля предохраняет от появления опасных напряжений между проводами и землей и предотвращает порчу установок.

§ 7. От появления зарядов высокого потенциала в сетях низкого напряжения с изолированным нулем могут быть применены разрядники.

§ 8. Контроль за состоянием изоляции является основным мероприятием по технике безопасности.

Минимальное сопротивление изоляции на участке между двумя предохранителями не должно быть меньше 1000 Е ом, где Е — рабочее напряжение сети, или же ток утечки не должен превышать 0,001А. Сказанное не распространяется на электрические машины, трансформаторы и аккумуляторы.

§ 9. Заземление металлических устройств, находящихся вблизи токоведущих частей и электрически с ними не связанных, служит для того, чтобы при случайном переходе напряжения на эти части соприкосновение с ними не оказалось опасным. К таким частям могут быть отнесены: корпуса машин, кожухи трансформаторов, металлические балки, колонны и т. д.

В сельском хозяйстве заземление желательно производить во всех случаях при напряжении между рабочим проводом и землей больше 40 В. Для установок трехфазного тока 380/220 В и постоянного 440/220 В выполнение заземления должно производиться обязательно, вне зависимости от внешних условий, кроме случаев, когда по каким-либо причинам оно не может быть выполнено, как например: в осветительных и быто-

вых приборах. В этих случаях изоляция всех токоведущих частей должна быть выполнена особенно тщательно.

§ 10. Заземляющие электроды выполняются в зависимости от местных условий из железных оцинкованных или медных пластин, труб и лент; последние обычно применяются как добавочное заземление. Все соединения при устройстве заземлений производятся или оклепыванием или свинчиванием. Сечение заземляющих проводов не рационально применять больше 50 мм^2 — для меди и 100 мм^2 — для железа. Минимальное сечение медных проводов для машинных помещений — 16 мм^2 и прочих: 4 мм^2 — медных и 12 мм^2 — железных. Если в одном помещении имеется несколько предметов, подлежащих заземлению, то они обязательно должны быть электрически связаны между собой.

Заземления сторон высокого и низкого напряжения не должны соединяться электрически и располагаться ближе 10 м друг от друга.

Той же цели можно достигнуть при заземленном нуле, соединяя с ним предметы, подлежащие заземлению.

§ 11. Зануление (соединение с нулевым проводом) как правило производится отдельным проводом, соединенным с нулевым (при условии, что дальше нет предохранителей). Рабочие обмотки должны быть изолированы от корпусов. Нулевой провод должен быть выбран так, чтобы обеспечить перегорание предохранителей при коротком замыкании в любой точке сети. При голом нулевом проводе сечение его должно быть таково, чтобы падение напряжения при силе тока, вызывающей перегорание предохранителей, не превышало от точки замыкания до предохранителей 40 V.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

§ 12. Устройство рабочих помещений должно быть таково, чтобы в случае возникновения опасности обслуживающий персонал мог легко покинуть их. С этой целью выключатели освещения должны устанавливаться у выходных дверей, двери и окна должны устраниваться открывающимися наружу, и проходы не должны загромождаться посторонними предметами.

§ 13. Ограждение всех токоведущих частей и защитные заземления должны поддерживаться в исправном состоянии.

В рабочих помещениях высокого напряжения и на столбах воздушных линий с напряжением выше 750 V не реже чем через 2 столба должны быть вывешены на видном месте предупредительные плакаты.

Машины, провода и приборы после долгого нахождения в бездействии, и особенно, если они находились в сырых помещениях, должны перед употреблением быть испытаны на состояние изоляции. Осмотр установок и проверка изоляции их долж-

ны производиться: в устройствах низкого напряжения не реже одного раза в год, в устройствах высокого напряжения не реже четырех раз в год. Воздушные линии низкого напряжения проверяются не реже одного раза в год и высокого — не реже одного раза в месяц.

§ 14. При производстве работ на каком-либо участке должен быть выключен как этот участок, так и токоведущие части, находящиеся в непосредственной близости от места производства работ. Выключение должно производиться на всех полюсах или фазах, и на включающих устройствах должны быть повешены предостерегающие плакаты. Перед началом работ необходимо убедиться при помощи соответствующих приборов в том, что ремонтируемый участок обесточен. При высоком напряжении необходимо кроме указанных мер предосторожности заземлять и коротко замыкать ту часть установки, на которой производится работа, а при работе на воздушных линиях помимо этого еще заземлять линию на всех тех концах, откуда возможно получение напряжения.

Включение установки может быть произведено лишь по проверке правильности всех соединений и снятии короткого замыкания и заземления. Перед включением необходимо удостовериться, что рабочие удалены от места производства работ.

§ 15. Под напряжением работы допустимы лишь тогда, когда по условиям эксплуатации установка не может быть выключена. При высоком напряжении работы под током могут производиться лишь в особо исключительных случаях, только под надзором особо уполномоченного на то лица с соблюдением всех мер предосторожности и применением защитных приспособлений: изолирующих ковриков, резиновых галош и перчаток, инструментов с изолирующими ручками и щтанг, каковые должны быть проверены перед началом работ. Работа может производиться лишь группами.

§ 16. При работе под током в установках низкого напряжения работы производятся при помощи инструментов с изолирующими ручками, и рабочие должны быть изолированы и не касаться людей, стоящих на земле, и токоведущих частей.

При работах как на устройствах низкого, так и высокого напряжения, находящихся в непосредственной близости от токоведущих частей высокого напряжения, применяются те же меры предосторожности, как и в работах под высоким напряжением имея при этом в виду также и ограждения высокого напряжения.

§ 17. При работе в аккумуляторных помещениях присутствие открытого пламени или раскаленных тел недопустимо. Пролитая кислота должна немедленно обезвреживаться. Всегда должны быть наготове для рабочих, занятых в аккумуляторных помещениях, нейтрализующие растворы (сода и т. д.). Еда, питье и курение в аккумуляторных помещениях не допускаются.

§ 18. Осветительная сеть со всей арматурой должна содержаться в чистоте. В помещениях сырых, особо сырых, с проводящей пылью, едкими парами и опасных в пожарном отношении смена ламп накаливания под напряжением недопустима. Монтаж патронов должен быть произведен так, чтобы нулевой провод подводился к резьбе, а фазовый — к внутреннему контакту. При напряжении 380/220 В с заземленным нулем патроны должны снабжаться высоким фарфоровым кольцом. Выключатели должны устанавливаться на фазовом проводе.

Корпуса всех переносных установок при пользовании, должны быть надежно заземлены.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

§ 19. Освободить потерпевшего возможно скорее от тока. При этом необходимо быть осмотрительным, чтобы не нанести еще больший вред потерпевшему (падение с высоты при обесточивании) и не касаться потерпевшего голыми руками, пока он находится под напряжением.

§ 20. Вслед за тем, в случае потери сознания, немедленно приступить к приемам искусственного дыхания и продолжать их до прихода врача.

Перед приемами искусственного дыхания следует:

- а) освободить потерпевшего от лишней одежды;
- б) обеспечить доступ свежего воздуха;
- в) удалить лишних людей;
- г) освободить рот потерпевшего от посторонних предметов (искусственные зубы, слюна, кровь и т. д.);
- д) язык, если он глубоко запад, вытянуть при помощи носового платка или специального приспособления.

Положение потерпевшего: положить на пол на живот лицом в сторону так, чтобы нос и рот не касались пола, руки вытянуть вперед, голову слегка приподнять, подложив под нее что-нибудь.

Положение подающего помощь: встать на колени у бедра потерпевшего сбоку или так, чтобы бедра его находились между обоими коленями, лицом к голове потерпевшего.

Приемы искусственного дыхания: положить обе ладони на нижние ребра потерпевшего, наклонить свое тело и плечи так, чтобы всей тяжестью своего тела нажать на нижние ребра потерпевшего в течение около трех секунд и затем быстро снять ладони. Не следует нажимать сразу всей тяжестью, а начать слегка, постепенно усиливая нажатие к концу третьей секунды. Руки должны быть вытянуты, а не согнуты в локтях, нажатие на ребра должно производиться ладонями.

Нажатия должны повторяться совершенно однообразно, рав.

номерно и ритмично. Число нажатий в минуту должно соответствовать естественному дыханию — 12—14 в минуту (можно регулировать по часам или собственному глубокому дыханию).

Если дыхание появится, то искусственное дыхание все же нужно продолжать, давая время от времени кислород.

§ 21. При ожогах до прибытия врача не следует применять никаких мазей, присыпок и т. д. Рану прикрыть стерилизованной марлей, стараясь не касаться ее руками. Перед перевязкой необходимо тщательно вымыть руки, обернуть спиртом и смазать пальцы и особенно ногти йодом.

Ниже приводится перечень лечебных и перевязочных средств, долженствующих находиться в аптечке.

Основные медикаменты, необходимые при подаче первой помощи

	В граммах		В граммах
1. Борная кислота	50,0	10. Вазелин борный	100 0
2. Карболовая кислота в растворе	200,0	11. Серноокислый натр	200,0
3. Иодная настойка	40,0	12. Вата гигроскопическая	500,0
4. Камфорный спирт	150,0	13. Вата простая	1000,0
5. Раствор полуторахлористого железа	50,0	14. Марля белая	5 метр
6. Валериановые капли	50,0	15. Бинт 2-вершковый	10 штук
7. Буровск я жидкость	200,0	16. " 3 "	10 "
8. Иодоформ	10,0	17. Шины лубочные	4 "
9. Касторовое масло	100,0	18. Пирамидон по 0,3 г	20 порц
		19. Аспирин по 0,3 г	20 "

ПРИЛОЖЕНИЕ

Извлечение из установленных электротехнических норм для сельскохозяйственных установок, Утвержденных НКТП и НКЗ СССР от 11/V 1934 г. за № 631/1474

Г. ПОТРЕБИТЕЛИ

I. Номинальные эксплуатационные напряжения у потребителей

§ 34. В установках низкого напряжения применяются системы напряжения согласно ОСТ № 6155.

Должно быть обращено особое внимание при выполнении установок 380/220 вольт с заземленной нейтралью на неуклонное выполнение требований «Руководящих указаний для установок 380/220 вольт», предъявляемых к установочному материалу, арматуре и выполнение установок (высокие кольца, корпуса патронов из изолирующего материала, заземление и зануление металлических частей, присоединение нулевого провода к винтовой части патрона и пр.).

II. Вводы низкого напряжения в здания

§ 35. Вводы низкого напряжения выполняются согласно § 17. При малой высоте зданий допустимо осуществлять вводы путем установки дополнительного столба, на котором вводные провода располагаются на высоте 3,5 м и по столбу в изоляторах или роликах делаются спуски изолированным проводом до возможной высоты ввода в здание; причем на высоте ниже 2,5 м провода должны быть защищены от механических повреждений деревянными покрытиями.

Допускаются также и другие достаточно надежные способы устройства вводов.

§ 36. Сечение медных проводов при пролетах до 20 м должно быть не менее 4 мм², при больших пролетах не менее 8 мм². Допускается применение алюминиевых проводов сечением 10 мм², а также железных диаметром не менее 3 мм, защищенных от коррозии путем оцинковки или, при невозможности получить оцинкованные провода, путем оловянки. Бронзовые и другие

провода должны иметь сопротивление на разрыв не менее, чем медные провода указанных выше сечений.

§ 37. При пересечении ввода с линиями слабого тока провода вводов могут проходить ниже линии связи при выполнении следующих условий:

- а) вводы выполняются проводом с резиновой изоляцией¹;
 - б) расстояние в месте пересечения до проводов связи должно быть не менее 1 м;
 - в) состояние изоляции проводов должно быть периодически контролируемо и при ее ослаблении провода должны заменяться.
- § 38. Вводы рекомендуется выполнять через стены здания. Вводы через крышу допускаются при системах без заземленного нуля и при соблюдении следующих условий:
- а) крыша не должна быть легковозгораемой (например солома, камыш);
 - б) опоры на крышах должны быть прочно укреплены и, в случае необходимости, снабжены оттяжками из троса или железной проволоки;
 - в) провода, идущие внутрь помещения, должны быть свободны от натяжения и заключены в общую железную трубу, оканчивающуюся в обслуживаемом помещении;
 - г) вводы через крышу не допускаются в помещения, опасные в пожарном отношении (см. таблицу I).

§ 39. Вводные провода через стену прокладываются каждый в отдельной каучуковой трубке.

Для прокладки трубок должны быть приняты меры для предотвращения от попадания и скапливания в них влаги (заливка хаттертоном и пр.).

III. Проводка внутри строения

§ 40. В заведомо сухих помещениях (см. табл. 1) допускается выполнение проводки шнуром. В остальных помещениях проводка выполняется проводом с резиновой изоляцией на роликах или изоляторах в зависимости от рода помещений.

§ 41. В помещениях с выделением аммиачных паров проводка выполняется на изоляторах и ярках проводом с резиновой изоляцией, причем рекомендуется покрытие его для предотвращения

¹ Наименования проводов в § 37 и последующих приняты в соответствии с проектом ОСТа на изолированные провода опубликованного Влектропромом ВСТа: 1) Провод изолирован. с резиновой изоляц. для в. токов, прокладкы (от 400 до 3 000 вольт). 2) Провод атмосферостойкий с волокнистой усилен. изоляцией, применяемый в качестве производств.; 3) Провод двойной изолированный резиной 400 вольт, вместо шнура, только для неподвижной прокладки.

Кат. пом.	Род помещения	Номинальное линейное напряжение	Провода
1	ЗАВЕДОМО СУХОЕ Жилые помещения в домах городского типа	220 в. и менее 380 в. и менее	Шнур сечением не менее 0,5 мм ² То же с цветной вилкой для нулевого провода
2	СУХОЕ Канторы, жилые дома крестьянского типа, постоянные общежития для рабочих, общественные помещения, отопляемые мастерские и пр.	220 в. и менее 380 в.	Провод с резиновой изоляцией сечением не менее 0,75 мм ² То же сечением не менее 1 мм ²
3	СЫРОЕ Неотопляемые коридоры, кухни, кооперативы, столовые, мастерские, уборные, сараи, склады, гаражи, и пр.	220 в. и менее 380 в.	То же сечением не менее 0,75 мм ² То же сечением не менее 1 мм ²
4	ОСОБО СЫРОЕ Бани, прачечные, кормохранилища, тамбуры в помещениях с живым инвентарем и пр.	220 в. и менее 380 в.	То же сечением не менее 1,5 мм ² То же
5	Помещения, содержащие пары аммиака, конюшни, скотные дворы, телятники, навозохранилища и пр.	220 в. и менее 380 в.	Провод с резиновой изоляцией сечением не менее 1,5 мм ² , с покрытием специальной краской или провод атмосферостойкий с волокнистой усиленной изоляцией, применяемый в химическом производстве
6	Помещения опасные в пожарном отношении, сушилки, овчьи, мельничные (в мельницах, нетоварного типа), сени и молотильные сараи и пр.	220 в. и менее 380 в.	Провод с резиновой изоляцией сечением не менее 1,5 мм ²

1 а) См. отоску к § 87; б) система постоянного тока 2 × 220 в с взаимной нейтралью; в) минимальные сечения проводов указаны в таблице
важных алюминиевых проводов должны обеспечивать механическую
малого сечения,

Таблица 1

Способ прокладки	Выключатели	Предохранители	Примечания
На роликах	Нормальные	Нормальные или миньон	
То же	Нормальные с корпусом из изолирующей его матер.	Нормальные закрытого типа	Рекомендуются выключатели перекладного типа
На роликах	Нормальные	Нормальные закрытого типа	
То же, но с отметкой нулевого провода	Нормальные с корпусом из изолирующей матер.	То же	Рекомендуются выключатели перекладного типа
На роликах	Фарфоровые для сырых мест	Нормальные закрытого типа	
То же, но с отметкой нулевого провода	То же	То же	
На якорях и изоляторах	Чугунные герметические с контактом для зануления или заземления	Наружного типа с пробковыми вставками	
То же, но с отметкой нулевого провода			
На якорях и изоляторах	Герметические чугунные с контактом для зануления или заземл.	Наружного типа с пробковыми вставками	Предохранители и выключатели должны устанавливаться в тамбуре или снаружи. Внутри помещения допускается установка угон. герметич. выключат. с контакт. для заземл. и занулен.
То же, но с отметкой нулевого провода			
На якорях и изоляторах недоступных для прикоснов. и с защитой от механич. повреждений	Чугунные с герметическим контактом для зануления или заземления (вне помещений)	Наружного типа с пробковыми вставками (вне помещений)	Внутри помещения вводятся только провода к токоприемнику и по кратчайшему расстоянию предохр. и выкл. устан. снаружи

денным нулевым проводам приравнивается к системе 380 в с заземлен-
применительно к медным проводам; г) минимальные сечения изолиро-
прочность не ниже, чем у магко-отожженных медных проводов миниа-

от химических воздействий специальной краской или проводом атмосферостойким с воложистой усиленной изоляцией, применяемой в химическом производстве. Необходимо соблюдение особой тщательности уплотнений при вводе концов изолированных проводов в арматуру (например заливка ушков чаттертоном).

Предохранители и выключатели должны устанавливаться в тамбуре или снаружи помещений, причем в обоих случаях тип их должен соответствовать наружной установке.

Установка выключателей внутри помещений не рекомендуется, однако, в исключительных случаях она может быть допущена лишь при условии применения чугунных герметических выключателей с заземленным или задулением корпуса и с покрытием специальной краской после монтажа.

§ 42. В помещениях, опасных в пожарном отношении, предохранители и выключатели устанавливаются снаружи, проводка прокладывается по наружным стенам, внутрь помещения вводятся только необходимые подводы к токоприемникам по кратчайшему расстоянию.

Проводка, электрические машины и арматура, находящиеся внутри помещения, должны удовлетворять §§ 188 и 191 Правил безопасности и Правил устройства для электрических сооружений сильного тока низкого и высокого напряжения.

§ 43. Заземленный нулевой провод должен иметь отличительные знаки.

§ 44. Штепсельные розетки для передвижных и переносных токоприемников должны быть специальной конструкции, не допускающей прикосновения к токоведущим частям и снабженные особым гнездом для заземления или зануления. Штепсельные вилки соответственно должны иметь особый заземлительный контакт, заключение которого произошло бы ранее, а выключение позднее, чем токоведущих контактов. Конструкция штепсельной вилки и розетки не должна допускать возможности соединения токоведущего гнезда с заземляющим контактом штепсельной вилки.

Примечание. В числе токоприемников в этом § и в следующем не включаются переносные ручные лампы, нормы для которых приведены в разд. IV.

§ 45. Гибкие провода для присоединения передвижных и переносных токоприемников должны быть снабжены добавочной жилой для заземления или зануления корпуса и наружной оболочкой (кожаной, шеньковой и т. п.) для защиты изоляции от механических повреждений (см. примечание к § 44).

§ 46. Рекомендуемые типы проводов и установочного материала указаны в таблице 1.

IV. Правила устройства освещения и осветительная арматура.

§ 47. При расчетах освещения надлежит пользоваться расписанием наименьших значений освещенности, проведенным в правилах искусственного освещения промышленных предприятий, утвержденных постановлением ЦКТ СССР 14/V 1933 г., при этом в качестве временного мероприятия, если это влечет за собой значительную экономию цветного металла, допустимо пользоваться расписанием освещенностей, согласно особому указанию в разд. 0, I, II, III, V вышеуказанных правил.

§ 48. В помещениях для содержания крупного рогатого скота средняя горизонтальная освещенность на полу должна быть не менее 10 люксов.

В помещениях для дойных коров надлежит проверять вертикальную освещенность вымени, каковая не должна быть менее 3,5 люксов.

§ 49. Металлические патроны и патроны с ключом допускаются только в помещениях заведомо сухих. Во всех остальных случаях патроны с ключом не допускаются и корпуса патронов должны быть из изолирующего материала.

При напряжении 380/220 вольт патроны с ключом не допускаются в заведомо сухих помещениях.

Примечание. Требование настоящего § касательно патронов из изолирующего материала, не распространяется на плафоны и арматуру наружного и рационального общего освещения, при условии их тщательного замунения (например, арматура «Универсал» и др.).

§ 50. Переносные ручные лампы допускаются в заведомо сухих помещениях при линейных (междуфазовых) напряжениях свыше 220 вольт, а в остальных помещениях при напряжениях не свыше 24 вольт. Настольные лампы при линейном (междуфазовом) напряжении до 220 вольт допускаются в помещениях категорий I и II, а при напряжении 380/220 вольт только в помещениях категории I и конторах при обязательном соблюдении требований §§ 11 и 13 «Руководящих указаний для устройства электротехнических установок трехфазного тока напряжением 380/220 вольт с заземленной нейтралью».

§ 51. При напряжении 380/220 вольт во всех помещениях (кроме категории I) металлическая арматура подвесных ламп должна быть путем винтовых соединений присоединена к добавочному (неотокеведущему) нулевому проводу, шроложенному от арматуры до неподвижной точки проводки.

Примечание. Требование настоящего § необязательно для арматур, соединение которых с токоведущими проводами заведомо исключено (например металлический абжур, укрепленный непосредственно к фарфоровому патрону).

§ 52. В помещениях сырых допускается применение наряду со специальной арматурой также и патронов из сыростойкого изолирующего материала с уплотнением вводных проводов; в помещениях категорий с IV по VII (см. табл. 1) лампы должны быть заключены в арматуру, снабженную предохранительными колпаками и сетками при наличии возможности механических повреждений.

Колпаки должны иметь отверстия для отвода конденсирующейся влаги.

Для настоящего § остается в силе примечание к § 49.

V. Типы электродвигателей и аппаратура

§ 53. Рекомендуется применять короткозамкнутые электродвигатели с непосредственным включением на полное эксплуатационное напряжение сети. Если таковое включение по условиям пуска невозможно, следует отдавать предпочтение короткозамкнутым электродвигателям с переключателями статорной обмотки (со звезды на треугольник и др.).

§ 54. В сетях, имеющих только силовую нагрузку, пусковое падение напряжения не должно превосходить 12% от номинального напряжения для любого из электродвигателей, установленных в сети, исключая пускаемый электродвигатель.

В сетях со смешанной нагрузкой пусковое падение напряжения может допускаться также до 12%, если пуск электродвигателей происходит не чаще, чем один раз в полчаса; в противном случае пусковое падение напряжения не должно превосходить 5% у наименее благоприятно расположенных светильников.

Пусковое падение напряжения у самого пускаемого электродвигателя может допускаться и выше 12%. Величиной, определяющей в этом случае допустимое падение напряжения, является момент вращения электродвигателя при пуске.

§ 55. Типы стационарных электродвигателей в зависимости от места установки приведены в таблице 2).

Таблица 2

Место установки	Тип электродвигателя
Заведено сухое помещение	Рекомендуется защищенный
Сухое	Т о ж е
Сырое	То же, но с противосырьостной изоляцией
Особо сырое	Обязательно закрытый с противосырьостной изоляцией.
Помещение с парами аммиака	То же с изоляцией стойкой против газов

ПРОДОЛЖЕНИЕ

Место установки	Тип электродвигателя
Помещение опасное в пожарном отношении	Рекомендуется закрытый, допускается защищенный без трущихся токоведущих частей при наличии надзора во время работы. В отдельной будке из материалов, защищенных от возгорания, любым типом.
На открытом воздухе	Рекомендуется защищенный с противосыроостной изоляцией при наличии защиты от непосредственного нападения осадков.

Примечание. Будки должны иметь вентиляцию, а при отсутствии таковой объем будки должен быть не менее 15-кратного объема электродвигателя.

§ 56. Неподвижные и переносные электродвигатели, находящиеся в производственных помещениях только во время работы, допускаются любого типа, кроме открытых, независимо от категорий помещения, за исключением помещений, опасных в пожарном отношении.

§ 57. В случае применения электродвигателя с пусковыми приспособлениями, последние рекомендуются с масляным наполнением.

§ 58. Включающие и пусковые устройства для передвижных электродвигателей должны быть в закрытых кожухах, защищающих от прикосновения к токоведущим частям и иметь выведенную ручку для оперирования.

§ 59. Для присоединения к сети передвижных электродвигателей допускается при низком напряжении применение накладных контактов на голые провода. Конструкция должна обеспечивать безопасное оперирование, легкость надевания и снятия и достаточно надежный контакт. Накладные контакты не исключают необходимости применения выключающего устройства для электродвигателя и служат только для подведения напряжений.

VI. Заземления и зануления

§ 60 При устройстве заземлений и занулений в установках с номинальным эксплуатационным напряжением не свыше 1 000 вольт напряжение прикосновения к частям зданий, механизмов, арматуры и т. д., нормально не находящимся под напряжением, но

токоведущим проводом, не должно превосходить 65 вольт. При этом за расчетный ток принимается 1,5-кратный номинальный ток ближайшего плавкого предохранителя или ток выключения ближайшего автомата.

Примечание. В сетях 380/220 вольт с заземленной нейтралью рекомендуется повторное заземление нулевого провода во всех узловых точках сети и не реже одного раза на каждый километр линии. Тем не менее и в случае применения повторных заземлений расчет напряжения прикосновения рекомендуется производить в предположении отсутствия повторных заземлений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
ОТДЕЛ I	
Таблицы некоторых значений электрических величин и условные обозначения	5
ОТДЕЛ II	
Основные понятия и законы электротехники (инж. В. А. Фадеев)	18
Глава I Основные определения и законы постоянного тока	18
Глава II Включение сопротивлений и источников ЭДС	21
Глава III Мощность и работа электрического тока	23
Глава IV Электрическое поле	24
Глава V Магнитное поле	26
Глава VI Электромагнетизм	26
Глава VII Электромагнитная индукция	32
Глава VIII Общие сведения и законы переменного тока	35
Глава IX Самоиндукция в цепи переменного тока	38
Глава X Емкость в цепи переменного тока	40
Глава XI Последовательное соединение активного (R), индуктивного (X_L) и емкостного (X_C) сопротивлений	45
Глава XII Параллельное соединение активного (R), индуктивного (X_L), емкостного (X_C) сопротивлений	47
Глава XIII Мощность в цепи переменного тока	38
Глава XIV Потери в железе и скин-эффект	48
Глава XV Трехфазный ток	50
Глава XVI Электрические измерения и измерительные приборы (инж. И. А. Будзко и С. М. Сроелов)	52
ОТДЕЛ III	
Материалы (инж. И. А. Будзко и С. М. Сроелов)	67
Глава I Проводники	67
Глава II Материалы высокого сопротивления	69
Глава III Изолирующие материалы (диэлектрики)	70

ОТДЕЛ IV

Электрическая аппаратура (инж. И. А. Будэко и С. М. Сролов) 72

ОТДЕЛ V

Электрические машины (инж. А. Г. Захарин) 86

Глава I Общие сведения 86

Глава II Машины постоянного тока 90

Глава III Машины переменного тока 98

Глава IV Вращающиеся преобразователи (инж. Н. П. Сейма) 114

ОТДЕЛ VI

Силовые трансформаторы (инж. А. Г. Захарин) 115

ОТДЕЛ VII

Станции и подстанции (инж. А. Г. Захарин) 123

Глава I Электрические схемы станций и подстанций постоянного тока 123

Глава II Схемы трехфазного тока 125

Глава III Ток короткого замыкания в сетях трехфазного тока и защита станций и подстанций 131

Глава IV Силовое оборудование электрических станций с.-х. назначения (инж. В. А. Шустов) 138

ОТДЕЛ VIII

Расчет электрических проводов (инж. А. Г. Захарин) 152

ОТДЕЛ IX

Светотехника (инж. И. Н. Финкельштейн) 156

Глава I Определения и единицы измерения 156

Глава II Методы расчета освещенности 156

Глава III Система рационального освещения прицепных с.-х. орудий, тракторов 158

Глава IV Система рационального освещения скотных дворов и свинарников 160

Глава V Добавочный свет для растений в теплицах 163

ОТДЕЛ X

Аккумуляторы (инж. Н. П. Сейма)	173
---	-----

ОТДЕЛ XI

Монтаж (инж. В. С. Краснов)	176
Глава I Нормы работы и инструменты	176
Глава II Монтаж воздушных линий	176
Глава III Ввод проводов в здания	188
Глава IV Внутренняя проводка изолированными проводами	188
Глава V Монтаж электрических машин	195
Глава VI Особенности монтажа установок 380/220 вольт с заземленной нейтралью	200

ОТДЕЛ XII

Электропривод (инж. В. С. Жданов)	202
Глава I Общие указания	202
Глава II Механические передачи	203
Глава III Непосредственное соединение	212
Глава IV Выбор типа электродвигателя	213
Глава V Выбор мощности электродвигателя	217

ОТДЕЛ XIII

Электрификация полеводства	226
Глава I Электромолотьба (инж. Е. З. Левин)	226
Глава II Электропривод при очистке и сортировке зерна и семян (инж. Левин)	236
Глава III Системы электротяги в полеводстве (инж. А. А. Краснов)	242

ОТДЕЛ XIV

Электрификация животноводства	249
Глава I Электромеханическое доение коров (инж. К. Е. Зверев)	249
Глава II Монтаж доильных установок (инж. К. Е. Зверев)	250
Глава III Эксплуатация доильных установок „Монтаж“ (инж. К. Е. Зверев)	251
Глава IV Кормоприготовление (инж. Г. А. Розанов)	254
Глава V Электрообработка кормов (инж. В. С. Краснов и инж. В. Н. Смирнов)	260
Глава VI Уход за животными (инж. В. С. Краснов)	265
Глава VII Электрификация птицеводческих хозяйств (инж. К. И. Четыркин)	268

ОТДЕЛ XV

Электрический обогрев (инж. Б. А. Протопопов)	280
---	-----

ОТДЕЛ XVI

Мастерские (инж. В. С. Краснов)	285
---	-----

ОТДЕЛ XVII

Техника безопасности и первая помощь при поражении электрическим током (инж. В. В. Боков)	289
---	-----

Глава I Влияние различных факторов на возможность поражения электрическим током	289
---	-----

Глава II Классификация установок с точки зрения безопасности	290
--	-----

Глава III Общие меры безопасности	291
---	-----

Глава IV Эксплуатация электрических установок	293
---	-----

Глава V Основные правила первой помощи	294
--	-----

Приложение	296
----------------------	-----