

с. 62063

ГИИЗ

К-58

инж. Н. К. КОРОЛЕНКО

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ гальванических цехов

ГОНТИ • 1938

~~а 62063~~

02/3
X-68
Депозитарий

Инж. Н. К. КОРОЛЕНКО

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

~~Име. 1958 г. 62063~~

~~А 305451~~

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

ГОИТИ НКТП СССР

РЕДАКЦИЯ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
МОСКВА 1938 ЛЕНИНГРАД

Аннотация

Книга Н. К. Короленко является первым в нашей технической литературе и пока единственным систематизированным трудом, специально посвященным электрооборудованию гальванических цехов.

Проектировщики и студенты, интересующиеся этими вопросами, найдут для себя в этой книге необходимые технические данные. Производители, как электрики, так и технологи, найдут в этой книге необходимые сведения об оборудовании, об уходе за ним, почерпнут для себя знания о схемах электрических соединений в гальванических цехах, об осуществлении электрического нагрева ванн. В книге имеются также данные из зарубежной практики.

ВВЕДЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Гальванические покрытия и электролитическая обработка металлов в связи с проблемой экономии цветных металлов и борьбы с коррозией получили чрезвычайно широкое развитие. В настоящее время трудно найти предприятие, которое не имело бы гальванического цеха или не применяло на своем производстве гальванических покрытий.

Гальваностегические процессы, как известно, осуществляются при помощи постоянного тока низкого напряжения, в связи с этим электрооборудование приобретает исключительно важное значение в работе гальванических цехов.

Основная особенность электрооборудования гальванических цехов заключается в том, что оно должно быть рассчитано на работу при постоянном токе низкого напряжения и большой силы. Современный гальванический цех оборудуется специальными многоамперными низковольтными моторгенераторами. Необходимо отметить, что развитие специальной отрасли электромашиностроения для удовлетворения гальванических цехов источниками постоянного тока получило толчок после внедрения в промышленность процессов хромирования. Развитие хромирования, осуществляемого при плотности тока, в 10—20 раз превышающей плотности тока других видов покрытий, в острой форме выявило необходимость в конструировании специальных агрегатов, и этот период необходимо считать началом развития низковольтного динамостроения.

Технологический процесс для различных видов покрытий различен, однако в основном он разделяется на две стадии: подготовка деталей перед покрытием и непосредственно покрытие.

Постоянный ток для питания гальванических ванн требуется как для первой стадии технологического процесса, так и для второй. Однако установленная мощность источников постоянного тока для первой стадии процесса во многих случаях несколько меньше, чем для второй стадии процесса. Точно так же и время, затрачиваемое на операцию по подготовке деталей, значительно меньше, чем для основных операций покрытия.

При применении конвейерных автоматов операции подготовки и покрытия деталей объединяются в одном агрегате. Что же касается источников тока для питания ванн первой и второй стадии процесса, то они чаще всего не объединяются вследствие того, что режим работы этих ванн различен.

Агрегаты постоянного тока работают в цехах непрерывно в течение 2—3 смен, а в случаях специальных видов покрытий (особенно при электролизе) непрерывность работы агрегатов возрастает до 2—3 суток.

Нагрузка агрегатов в зависимости от применяющегося в цехах гальванического оборудования может быть постоянной в течение всего времени работы цеха или меняющейся. При работе автоматов с массовым потоком однообразных деталей нагрузка агрегатов постоянна. При наличии стационарных ванн и меняющемся ассортименте деталей нагрузка агрегатов может колебаться в значительной степени. Однако при правильном распределении деталей по группам, даже в случае стационарных ванн, колебания нагрузки агрегатов могут быть значительно снижены.

Низкие напряжения, применяющиеся в гальванических процессах, и потребность в больших силах тока, достигающих тысяч и десятков тысяч ампер, порождают специфические условия расчета подводящей ток сети от агрегатов к автоматам и ваннам. Сечения подводящих ток проводов достигают также весьма большой величины и в соответствии с этим возникают трудности в их прокладке.

Условия экономичности работы ванн и полного использования установленной мощности агрегатов вызывают необходимость в весьма тщательном подсчете падения напряжения в подводящей ток линии, а также в подсчете всех переходных сопротивлений и падений напряжения в контактах всей цепи. Особое значение это имеет при применении автоматов, барабанов, колоколов и других видов гальванического оборудования, в котором имеются подвижные контакты.

Разнообразие покрытий, применяемых в современной гальванической практике, необходимость применения различных технологических условий для одних и тех же видов покрытий, — все это очень затрудняет возможность установить стандарт потребных напряжений для ведения процесса.

Потребные для гальванических процессов напряжения определяются составом электролитов (кислые, щелочные), плотностью тока, принятой в процессе, данными технологического режима (температура электролита, расстояние между электродами, применяемые аноды), а также типом применяемого оборудования (стационарные ванны, колокола, барабаны, автоматы).

Величина потребного напряжения в основном находится в соответствии с принятой плотностью тока. Технически потребные напряжения для гальванических процессов лежат в пределах 3—12 в.

Для большого числа видов покрытия, а также для электролитического обезжиривания и травления, производящихся в стационарных ваннах, потребное напряжение не превышает 6 в.

Что же касается хромирования при плотностях тока выше 15 а/дм^2 и покрытий, производящихся в механизированных установках, то для них потребные напряжения могут составить от 7 до 10 в. Наконец, для специальных видов электролиза (при по-

следовательном соединении ванн), а также для анодной поляризации алюминия в хромовой кислоте могут потребоваться более высокие напряжения (до 60 в).

В настоящее время Ярославский электромашиностроительный завод (ЯЭМЗ) выпускает низковольтные динамомашинны напряжением 6/12 в. Эти динамомашинны — двухколлекторные, с двумя обмотками в одном якоре и допускают переключение с 6 на 12 в. Таким образом, они в значительной степени соответствуют диапазону потребных напряжений для гальванических процессов. Что же касается специальных видов электролиза и анодной поляризации, то в этом случае требуется применение специальных источников энергии постоянного тока.

Из приведенных данных следует, что при потребном для гальванических процессов напряжении $\sim 7-10$ в низковольтные динамомашинны должны быть переключены на 12 в. Следовательно, при нормальном режиме работы ванны они должны работать недо возбужденными. При этом возникают трудности в смысле возможности полной отдачи тока этими динамомашиннами в том случае, если они выпускаются с компаундной обмоткой.

Для компаундных динамомашин завод гарантирует полную отдачу тока только в пределах понижения напряжений до 75% от нормального. Таким образом, в случае необходимости получения на борту ванны 7—8 в, а также в случае потребного напряжения 3—4 в не всегда возможно получить от компаундной динамомашинны полную расчетную силу тока.

Специальные моторгенераторы, состоящие из мотора переменного тока и низковольтной динамомашинны, являются преимущественным источником энергии постоянного тока в современных гальванических цехах.

В качестве первичного двигателя для этих агрегатов применяют асинхронные моторы переменного тока, но в случае использования агрегатов большой мощности применяют также синхронные моторы с асинхронным запуском. Преимущество этих моторов заключается в возможности значительно улучшить общий коэффициент мощности ($\cos \varphi$) цеха или предприятия.

Общий коэффициент полезного действия низковольтных агрегатов составляет 60—70%.

В установках небольшой мощности и лабораторного типа в некоторых случаях в качестве источников постоянного тока используют аккумуляторные батареи.

За последнее время в заграничной практике получили распространение металллические выпрямители, основанные на выпрямительном действии медных оксидированных пластин.

Как уже указывалось, нагрузка агрегатов при меняющемся ассортименте деталей и при неравномерной загрузке ванны может сильно колебаться. При этом регулировка тока в ваннах приобретает весьма важное значение.

Регулировка производится либо при помощи пунтовых регуляторов динамомашин, либо при помощи специальных реостатов, включаемых в цепь гальванических ванн. Эти реостаты должны быть

рассчитаны на полный рабочий ток ванны и давать достаточный диапазон регулировки, требующийся технологическим процессом.

Обычно вся аппаратура для регулировки и контроля, а также для включения и выключения тока на ваннах, монтируется на специальных щитах, которые в зависимости от условий устанавливаются централизованно или отдельно — непосредственно у каждой ванны.

Помимо указанных специфических особенностей электрооборудования гальванических цехов, необходимо также отметить применение специального электрического нагрева ванн, осуществляемого в виде трубчатых нагревателей, которые либо непосредственно ввариваются в стенки ванны, либо помещаются в водяную рубашку ванны, если по условиям технологического процесса они не могут быть непосредственно помещены в электролит.

В гальванических цехах, кроме того, применяются для привода различного оборудования моторы переменного тока. Так, например, моторы применяются для вращения деталей, зависанных катодно в ваннах, для привода колоколов, барабанов и транспортеров автоматизированных ванн и сушилок. Моторы также применяются для привода центрифуг, насосов, фильтрпрессов, полировочных и шлифовальных станков, а также компрессоров, воздуходувок, вентиляторов, подъемно-транспортных устройств и т. д.

Обычно для привода применяются моторы переменного тока малых и средних мощностей закрытого типа, а в некоторых случаях, по условиям установки, — моторы защищенного исполнения и открытого типа согласно правилам и нормам ЦЭС и ВЭС.

Выбор и установка этих моторов не представляют каких-либо специфических особенностей, за исключением выбора марки и типа токопроводящих проводов и кабелей, а также пусковых и выключающих приспособлений, — поэтому в настоящей книге, посвященной специфическому электрооборудованию гальванических цехов, этот раздел не рассматривается.

Выбор марки и типа проводов и кабелей для силовой проводки, осуществляемой в гальванических цехах, обуславливается характеристикой помещений. Помещения гальванических цехов относятся к категории сырых помещений. Вся проводка переменного тока напряжением до 1000 в выполняется изолированными проводами, прокладываемыми в газовых трубах, или трехжильными бронированными и асфальтированными кабелями.

Газовые трубы должны покрываться асфальтовым или кислотостойким лаком. В полировочных отделениях прокладываются преимущественно трехжильные кабели.

Низковольтные агрегаты размещаются обычно в специальных помещениях, отделенных от гальванических цехов. Централизация моторгенераторов в одном месте облегчает уход за ними и создает более благоприятные условия для их эксплуатации. Выбор места для размещения их диктуется в основном удобством обслуживания и близостью генераторов от ванн.

Очень часто неправильный выбор места для генераторов может привести к значительному расходу меди на шинную подводку

Поэтому в особых случаях допускают децентрализацию в установке моторгенераторов. Но при этом обязательно должна быть учтена необходимость устройства специальных перегородок, для того, чтобы отделить места установки агрегатов от общего помещения гальванического цеха.

Установка щитов динамомашин и валн зависит от выбранной схемы соединений. Обычно стремятся к тому, чтобы установка щитов динамомашин в том случае, когда они работают на несколько валн, была централизована в машинном помещении: щиты валн размещаются непосредственно в цехе у рабочих мест.

При установке валн, требующих для питания большой силы тока, а также при конвейерах и автоматах, все управление и регулировку часто сосредоточивают на центральном распределительном щите, который выходит фасадом в гальванический цех и располагается centrally по отношению к агрегатам. В этом случае применяют сигнализацию от рабочих мест к распределительному щиту или устраивают кнопочное управление непосредственно у рабочего места.

Применение указанных схем оправдывается в больших механизированных цехах, где затруднена непосредственная связь обслуживающих валн с дежурным у распределительного щита.

Вопрос о резерве динамомашин разрешается в каждом случае индивидуально. Не всегда целесообразно и обязательно устанавливать резервные динамомашины, так как режим работы гальванических цехов во многих случаях связан с затратой специального времени на подготовку деталей перед покрытием, загрузкой и выгрузкой их, в течение которого может быть осуществлен, в крайнем случае, мелкий текущий ремонт; кроме того, он может быть осуществлен также в нерабочие смены. В ответственных случаях целесообразно иногда держать резерв на складе, так как установка моторгенераторов на готовый фундамент не вызывает больших потерь времени.

При проектировании цехов большой производительности, а также цехов, в которых приходится производить гальванические покрытия деталей, весящих сотни килограммов и тонны и требующих силу тока в 10—15 тыс. а вопросы подвода тока, а также включения и выключения его встречают затруднения. Каталог электротехнических изделий не может удовлетворить всех потребностей, так как измерительные приборы и выключающие аппараты строятся на силы тока не превышающие 3—4 тыс. а. Что же касается реостатов для регулировки силы тока на валнах, то промышленное производство их не организовано. Между тем массовое развитие гальваностегии как одной из отраслей промышленности требует все большего количества мощных низковольтных динамомашин и специального электрооборудования.

Задача электропромышленности — эту растущую потребность полностью удовлетворить.

НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ДИНАМОМАШИНЫ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Основные требования, которые предъявляются к низковольтным динамомашинам, работающим в гальванических цехах, можно сформулировать следующим образом.

Они должны работать продолжительно при постоянном напряжении на клеммах. Увеличение загрузки вала не должно сильно сказываться на падении напряжения машины. С другой стороны, уменьшение нагрузки не должно вызывать резкого изменения режима работы динамомашины, т. е. внешняя характеристика машин должна быть не крутой, а устойчивой в работе при разных режимах.

Так как низковольтные динамомашины, несмотря на небольшую мощность, должны отдавать значительные токи, то конструкция их должна соответствовать указанному условию; для этого они должны иметь мощный коллектор, щеточные траверсы, а также конструктивно прочные и достаточные по сечению выводные зажимы для крепления шин.

Низковольтные динамомашины, применяемые в гальванических цехах, должны допускать значительную регулировку, определяемую допускаемой плотностью тока на электродах ванн. Динамомашины до 1500 а строятся самовозбуждающимися. Возбуждение динамомашин большей мощности осуществляется посредством отдельных возбудителей, сидящих на одном валу с машиной. При этом динамомашины должны допускать удобную регулировку напряжения в пределах 50—100% номинального напряжения машины.

Допустимая пульсация напряжения динамомашины не должна быть выше 3—5%.

Пределы нагрузок динамомашин должны точно соответствовать имеющимся на них паспортным данным. Повышение температуры отдельных частей динамомашины не должно выходить за пределы, установленные для данного класса изоляции (табл. 1).

В конце книги приложен установленный и принятый в настоящее время стандарт на низковольтные многоамперные генераторы постоянного тока.

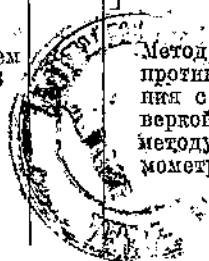
Ниже (стр. 12) приводится табл. 2 технических данных низковольтных генераторов, выпускаемых Ярославским электромашиностроительным заводом.

Таблица 1

Допускаемые пределы нагревания электрических машин

№ по пор.	Класс изоляции	Части машины или род обмотки	Наибольшие допускаемые температуры в °C при температуре охлаждающей среды 35°	Наибольшие температуры в °C	Метод измерения температуры
1	Класс О	Все обмотки на вращающихся и неподвижных частях машины, за исключением пп. 5, 6, 7	80	45	Метод сопротивления с проверкой по методу термометра
2	Класс А	Все обмотки на вращающихся и неподвижных частях машины, за исключением пп. 5, 6, 7	95	60	
3	Класс В	Все обмотки на вращающихся и неподвижных частях машины, за исключением пп. 5, 6, 7	115	80	
4	Класс С	Все обмотки на вращающихся и неподвижных частях машины, за исключением пп. 5, 6, 7	Ограничены таким нагревом, при котором температура соседних изолированных частей не превосходит допускаемого для них предела		
5	Классы О, А, В	Изолированные, постоянно замкнутые накоротко обмотки	На 5° выше, чем в пп. 1, 2, 3		Метод термометра
6	Без изоляции	Постоянно замкнутые накоротко обмотки	Как в п. 4		
7	Все классы	Однорядные обмотки возбуждения с голой незаизолированной поверхностью	На 5° выше, чем в пп. 1, 2, 3		Метод сопротивления с проверкой по методу термометра

-Ша- 6107



Продолжение табл. 1

№ по пор.	Класс изоляции	Части машины или род обмотки	Наибольшие допускаемые температуры в °C при температуре охлаждающей среды 35°	Наибольшие повышенные температуры в °C	Метод измерения температуры
8	—	Железо, не соприкасающееся с обмотками	Как в п. 4		Метод термометра
9	—	Железо с уложенными в нем обмотками	Как в пп. 1, 2, 3, 4		
10	—	Коллектор и контактные кольца	95	60	
11	—	Подшипники	80	45	
12	—	Все другие части	Как в п. 4		

Примечания к табл. 1. Согласно нормам принимаются следующие стандартные значения температуры окружающей среды:

1) при воздушном охлаждении температура окружающей среды или охлаждающего вещества — 35° C,

2) при водяном охлаждении температура охлаждающего вещества — 25° C.

Все изолирующие материалы, применяемые в электрических машинах, в отношении допускаемых для них наибольших температур нагрева разделяются на следующие четыре класса.

Класс О — непропитанные и непогруженные в масло волокнистые материалы, как-то: хлопчатобумажная пряжа и ткань, натуральный шелк, бумага и тому подобные органические вещества.

Класс А — пропитанные или погруженные в масло волокнистые материалы, как-то: хлопчатобумажная пряжа и ткань, натуральный шелк, бумага и тому подобные органические вещества.

Класс В — препараты из слюды, асбеста и тому подобных материалов минерального происхождения со связующими веществами.

Класс С — чистая слюда без связующих материалов, фарфор, стекло, кварц и другие подобные материалы.

Если изоляция многослойная и разных сортов, то допустимое нагревание каждого из применяемых материалов не должно превосходить предельного значения, допускаемого для него.

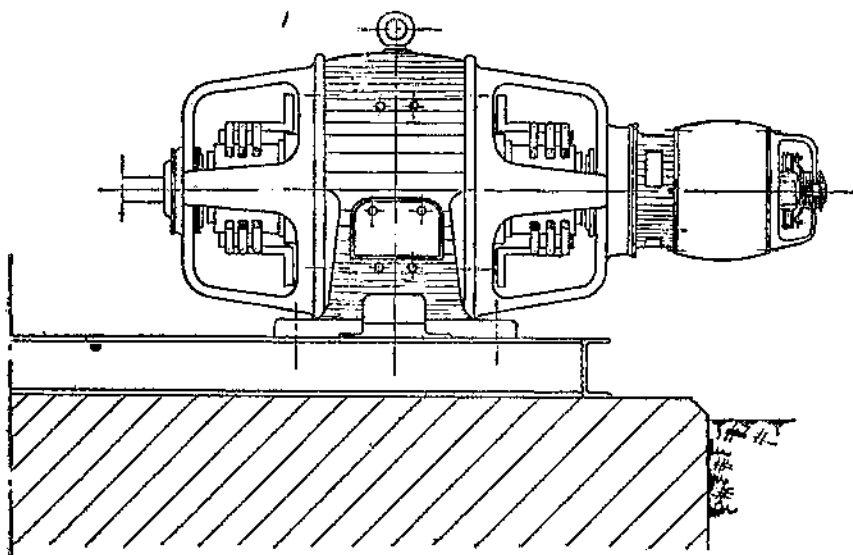
Как видно из данных табл. 2, динамомашин от 3 до 9 квт — двухколлекторные, самовозбуждающиеся, а динамомашин мощностью 24 квт — с отдельным возбудителем и дополнительными полюсами.

Кроме двухколлекторных динамомашин в таблице приведены еще типы одноколлекторных динамомашин 750 а — 9 а, что соот-

ветствует мощности 6,75 кет, и 325 а—9 в, что соответствует мощности ~ 3 кет.

Напряжение 6 и 12 в в двухколлекторных динамомашинках может быть получено путем последовательного или параллельного включения обмоток якоря. Это переключение в зависимости от рода выводов шин осуществляется либо на каменной доске, установленной сбоку на кожухе динамомашинки, либо путем устройства переключек на шинных выводах.

Выпускаемые, низковольтные динамомашинки имеют мощные щеточные траверзы; количество щеток динамомашин различных типов приведено в таблице. Так, например, динамомашинка 500/250 имеет 16 щеток; 1500/750 — 36 щеток.



Фиг. 1. Общий вид динамомашинки 1000/500 с отдельным возбудителем на общем валу

В динамомашинках с самовозбуждением на клеммной доске имеются выводные болты обмотки возбуждения.

Первые образцы двухколлекторных динамомашин Ярославского завода были выпущены с отдельным возбудителем, сидящим на одном валу с динамомашинкой. На фиг. 1 представлен общий вид этой динамомашинки 1000/500.

Технические данные для щеток низковольтных динамомашин следующие: щетки меднографитные марки МГ или БГ; удельный вес — 5,65; среднее удельное сопротивление — 0,1; средняя твердость по Шору — 12; влажность — 88,8%; коэффициент трения — 0,09; допускаемая нагрузка — 35 а/см²; арматура щеток — № 16 по каталогу ВЭТ.

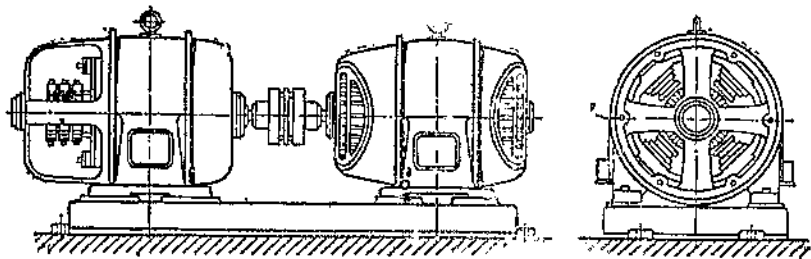
Выбор моторов для привода низковольтных динамомашин обуславливается числом оборотов и потребной мощностью с учетом

Таблица 2
Технические данные агрегатов типа НД и НДШ Ярославского электромашинностроительного завода 1

№ по порядку	Технические данные	Наименование и тип агрегатов								Примечание
		НД 500/250	НДШ 1000/500	НДШ 1500/750	НД 4000/2000	НД 5000/2500	НД 10000/5000	НД 750	НД 300	
1	Сила тока динамомашин в а	500/250	1000/500	1500/750	4000/2000	5000/2500	10000/5000	750	325	Динамомашины НД750 и НД300—одноколлекторные
2	Напряжение динамомашин в в	6/12	6/12	6/12	6/12	6/12	6/12	—	9	
3	Мощность динамомашин в кВт	3	6	9	24	30	60	6,75	3	
4	Тип возбуждения динамомашин	Самовозбуждающиеся	Самовозбуждающиеся	Самовозбуждающиеся	С отдельным возбуждением	С отдельным возбуждением	С отдельным возбуждением	Самовозбуждающиеся	—	
5	Действительный ток возбуждения динамомашин при нормальном напряжении и силе тока	16,2	22,5	28	4,2	7,2	—	—	—	Возбудители для НД 4000/2000 и НД 5000/2500 типа ПН10—1,25 кВт, 115 в, 2000 об/мин
6	Число полюсов динамомашин, основных	4 средних, 4 шуптовых	4	6	8	8	—	—	—	Приспособленности агрегатов, поставляемые комплектно: для самовозбуждающихся динамомашин — шунтовый регулятор; для динамомашин с отдельным возбуждением — шунт
7	Число полюсов дополнительных	4	4	6	—	8	—	—	—	
8	Число витков в основном полюсе	2/80	84	52	550	425	—	—	—	
9	Число витков дополнительного полюса	5	9,5	9,5	6,5	6	—	—	—	
10	Число щеточных travers	4 × 2	4 × 2	6 × 2	8 × 2	8 × 2	—	—	—	

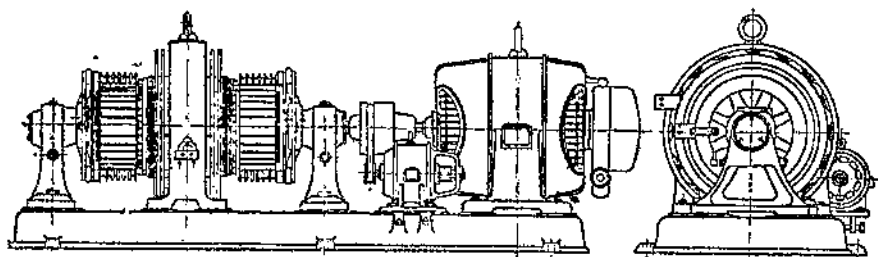
к. и. д. динамомашин, который в среднем равняется около 70—80%.

Ярославский электромашиностроительный завод поставяет агрегаты, смонтированные на общей плите с моторами типа МКА и МКВ. На фиг. 2 представлен общий вид моторгенератора НДШ 1000/500 а с самовозбуждением (с мотором МКВ). Весь агрегат монтируется на общей плите или сварной раме.



Фиг. 2. Общий вид моторгенератора НДШ 1000/500

Для динамомашины НД 4000/2000 возбудитель устанавливается на общей плите с моторгенератором и приводится при помощи ременной передачи и шкива от муфты агрегата. Общий вид этого агрегата показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Общий вид моторгенератора НД 4000/2000

Необходимо отметить, что освоение Ярославским электромашиностроительным заводом производства низковольтных динамомашин сняло с импорта значительную статью расхода. До этого отдельные заказы промышленности на низковольтные динамомашинны удовлетворялись случайно, причем главным образом использовали мощные динамомашинны стандартных напряжений (120, 220 в) постоянного тока путем переделки их, а также возбудители турбоагрегатов.

В Европе и в Америке многие фирмы специализировались на выпуске низковольтных динамомашин.

Американские фирмы строят низковольтные динамомашинны в пределах от 4 до 15 в на различные напряжения и силы тока. Таким образом для различных видов гальванических покрытий, используя индивидуальную схему питания ванн, можно выбрать специальные динамомашинны.

Правда, увеличение диапазона регулировки динамомашин

одного напряжения приводит к удорожанию стоимости их и неполному использованию мощности в тех случаях, когда потребные напряжения для гальванических процессов оказываются ниже расчетных напряжений динамомашин. Кроме того, чрезмерное дифференцирование напряжений имеет и другие недостатки — разноточность динамомашин, затрудненность их эксплуатации и т. п.

Поэтому в диапазоне потребных для гальванических процессов напряжений является достаточным выбор 3—4 основных величин напряжений, каковыми могут быть: 3—4, 6, 9, 12 в.

Фирма Пфангаузер строит динамомашины, начиная от 25 а при 4 в до 15000 а при 12—15 в в отдельном агрегате; динамомашинные строятся как с одним коллектором на консоли и поддерживающими подшипниками, так и с двумя коллекторами. Агрегат в 15000 а этой фирмой выполняется в виде двух динамомашин по 7500 а, приводящихся от одного мотора (с двух сторон) и отдельного возбудителя.

Известного универсализма достигает американская фирма Чандейссон, которая строит динамомашины с двумя обмотками в одном якоре и двумя коллекторами. Эти динамомашинные отличаются большой надежностью в работе.

Динамомашинные ЯЭМЗ до 1500 а строятся по такому же принципу (две обмотки в одном якоре) и во всех отношениях не уступают динамомашинам американских и европейских фирм. Ниже приводится таблица сравнительных габаритных данных низковольтных динамомашин ЯЭМЗ фирмы Пфангаузер и ASEA (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительные данные габаритных размеров низковольтных агрегатов

Мощность агрегата	ЯЭМЗ		ASEA		Пфангаузер	
	Длина в мм	Ширина в мм	Длина в мм	Ширина в мм	Длина в мм	Ширина в мм
500/250 ¹	1290	450	—	—	1735 ²	430
1000/500	1657	580	—	—	1905	500
750 а, 9 в	1657	580	2280	780	1965	500
1500/750	1657	580	2700	960	2030	680
5000/2500	2365	950	3210	1010	2720	780
15000 а, 15 в	—	—	—	—	4900	1220

¹ Данные о мощности указываются, как это принято, величинами силы тока при включении динамомашин на 6 в (левая цифра) и на 12 в (правая цифра).

² Габариты динамомашин фирмы Пфангаузер указаны здесь без возбудителя для напряжения 12 в при силе тока, соответствующей силе тока динамомашин ЯЭМЗ при напряжении 6 в.

Переходим к рассмотрению схем электрических соединений низковольтных динамомашин Ярославского электромашиностроительного завода.

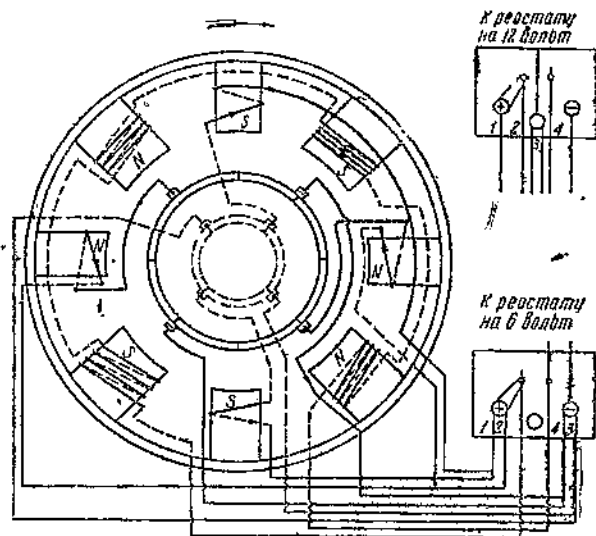
Ниже приводится схема соединений низковольтной динамомашины НД 500/250 (фиг. 4). Как видно из схемы соединений, эта машина кроме дополнительных полюсов имеет еще компаундную обмотку. Включение обмотки возбуждения на плюсовую щеточную траверзу производится внутри машины. Второй конец от минусовой траверзы выведен на клеммную доску. Оба конца обмотки возбуждения включаются на шуптовой регулятор. Четыре якорных конца выведены на два зажима клеммной доски. Переключение динамомашин на 12 в осуществляется на клеммной доске, на которой для этой цели установлен третий клеммный зажим. Переключения обмотки возбуждения при соединении динамомашин на 12 в не требуется.

Фиг. 4. Схема соединений динамомашины НД 500/250

Наконец, схема соединений НД 4000/2000 (фиг. 7) принципиально не отличается от схемы соединений динамомашин НДШ 1000/500; отличие имеется лишь в обмотке возбуждения, питающейся от специального возбуждателя, схема соединений которого понятна из чертежа, а также в устройстве выводов, которые осуществляются при помощи шин, присоединяемых к якорным траверзам.

По характеристическим кривым низковольтной динамоматрицы 1000/500 — шунтовой и компаундной (фиг. 8 и 9) — видно, что падение напряжения в зависимости от изменения нагрузки во внешней цепи в шунтовых динамоматрицах составляет 30—40%, в то время как в компаундных при увеличении нагрузки до изве-

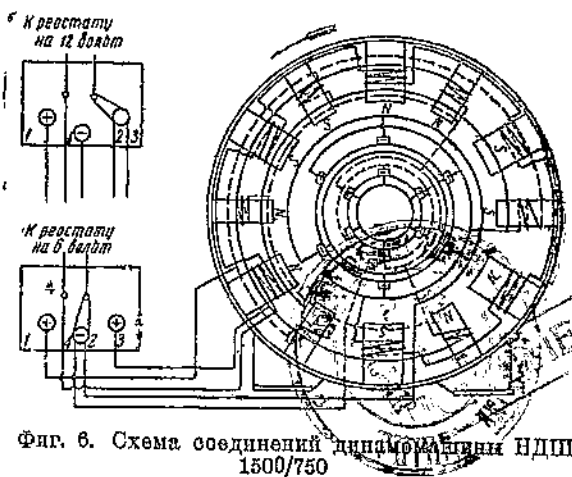
стных пределов повышается напряжение динамомашинны и изгиб кривой внешней характеристики значительно меньше. Поэтому при включении на одну динамомашину нескольких ванн измене-



Фиг. 5. Схема соединений динамомашинны НДШ 1000/500

ние нагрузки в одной из ванн или выключение ее будут резко сказываться на работе других ванн при шунтовых динамомашинных, чем при компаундных.

Обладая этим положительным свойством, компаундные машины имеют серьезный недостаток, о котором уже упоминалось: 1) незначительность регулировки напряжения от номинала в сторону уменьшения при полной нагрузке; 2) трудности параллельной работы. Между тем шунтовые динамомашинны допускают возможность более гибкой регулировки напряжения, а также возможность параллельной работы машины. Эти данные необходимо учитывать при выборе генераторов, схем соединений и схем питания ванн.



Фиг. 6. Схема соединений динамомашинны НДШ 1500/750

Наряду с этим внешние характеристики различных шунтовых динамомашин, независимо от их мощности, принципиально одинаковы. То же самое можно сказать о внешних характеристиках коммутационных динамомашин. Достаточно сравнить характеристику динамомашин НДШ 1500/750 (фиг. 10) с характеристикой динамомашин НДШ 1000/500 (фиг. 8), а также характеристику НД 500/250 (фиг. 11) с характеристикой НД 1000/500 (фиг. 9).

Внешние характеристики динамомашин НД 4000/2000 и 5000/2500, имеющих отдель-

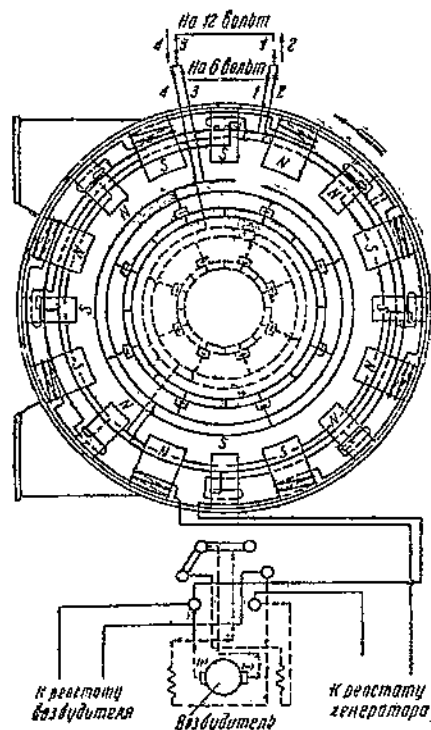
ный возбудитель, отличаются более пологим видом, и в них падение напряжения в зависимости от изменения нагрузки во внешней цепи составляет не более 17—20%.

Указанными данными можно ограничить описание типов выпускаемых низковольтных моторгенераторов для гальванических цехов.

Применение в качестве источников тока аккумуляторных батарей в гальванической практике весьма ограничено.

За границей в настоящее время начали применять для целей гальваностегии металлические выпрямители, благодаря которым удастся путем выпрямления использовать переменный ток. Выпрямление тока происходит при пропускании его через окислированную медную пластинку, на границе между медью и окисью меди.

Выпрямление тока обуславливается односторонней эле-



Фиг. 7. Схема соединенной динамомашин НД 4000/2000

ктропроводностью медного элемента (медь-окись). Процесс, происходящий в таких купроксных выпрямителях, является чисто электронным, не вызывающим химических изменений.

Сопротивление на стороне медь-окись значительно больше, чем на стороне окись-медь. На этой стороне и происходит прохождение тока. Обратный ток на стороне медь-окись вследствие этого практически ничтожен.

Использование выпрямителей, основанных на этом принципе, в гальванических цехах до самого последнего времени встречало затруднение, заключающееся в том, что мощность их была ограничена. Применение усиленного охлаждения путем установки специального вентилятора дало возможность значительно увели-

мб 542003

вых
на-
сом-
ику
кой
ику

и
эп-
тся
них
ви-
руз-
ста-

ож-
пов-
ных
бва-

ис-
гор-
жой
эно-
щие

для
гал-
аго-
тем
в пе-
эние
опу-
про-

на

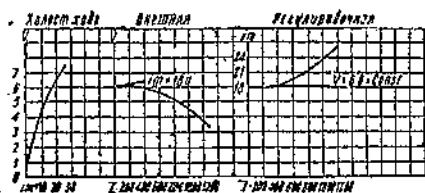
сло-
эле-
про-
исто

чем
жде-
того

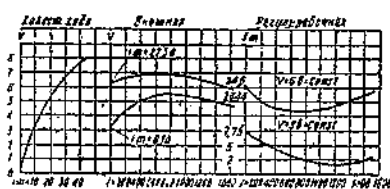
дне,
чало
гра-
овки
елн-

чить допускаемую плотность тока для отдельных пластин. Вследствие этого общая мощность аппаратов также значительно возросла.

В настоящее время конструируют выпрямители мощностью в несколько десятков киловатт (до 12000 а), причем их габарит и вес невелики. Отдельные выпрямительные пластины набираются в виде отдельных элементов, причем, соединения их по известным схемам последовательно и параллельно, можно получить от всей системы требуемые силу тока и напряжение.

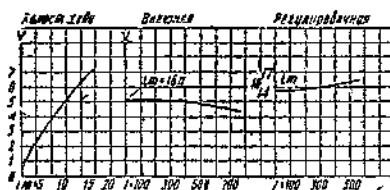


Фиг. 8. Характеристические кривые
НДШ 1000/500

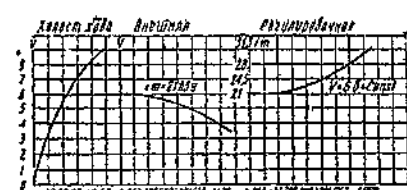


Фиг. 9. Характеристические кривые
НД 1000/500

Принципиально один выпрямляющий элемент состоит из радиаторного диска, медного диска с оксидированной стороной и связывочной шайбой. Диск набираются на стержни и изолированы от них при помощи специальных втулок.



Фиг. 10. Характеристические кривые
НДШ 1500/750

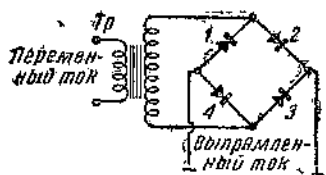


Фиг. 11. Характеристические кривые
НД 500/250 (характеристики эти сняты с агрегата, у которого число оборотов приводного мотора снижалось с увеличением нагрузки с 1480 до 1440 при изменении нагрузки динамомашинки от холостого хода до нормальной)

В течение одного полупериода ток протекает через одну часть выпрямителя, а в продолжение другого полупериода — через другую часть. Протекание тока происходит всегда в одном направлении. Форма кривой тока, полученного от выпрямителя, представляет некоторую синусоидальность (примерно до 7%), что практически для гальванических процессов не имеет вредных последствий. Необходимо помнить, что синусоидальность формы кривой тока, получаемого от вращающихся преобразователей, также составляет около 5%.

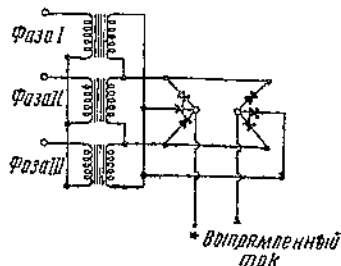
Выпрямители могут питаться переменным током от однофазного или трехфазного трансформатора. Схема включений выпрямителей в сеть переменного тока определяется в зависимости от принятой системы питания. Если питание переменным током про-

изводится от однофазной сети, выпрямитель включается по схеме мостика Уитстона (фиг. 12). На фиг. 13 представлена схема включения выпрямителя, если питание его параллельных ветвей осуществляется от трехфазного трансформатора, вторичная обмотка которого соединяется треугольником.



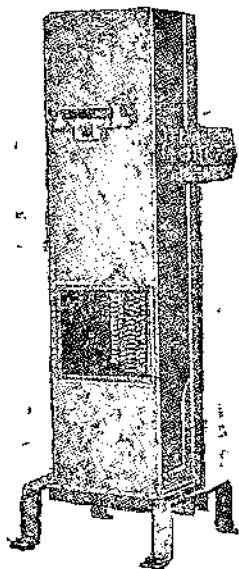
Фиг. 12. Схема включения металлического выпрямителя от однофазной сети.

Тр — трансформатор; 1, 2, 3, 4 — элементы выпрямителя

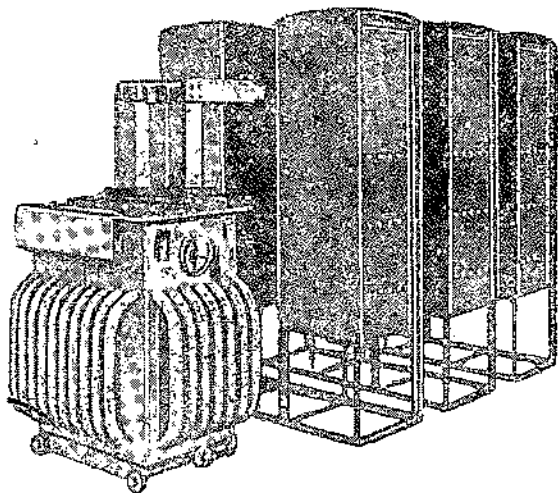


Фиг. 13. Схема включения металлического выпрямителя от трехфазной сети

Так как сопротивление элементов выпрямителя незначительно, то к группе элементов подводят напряжение переменного тока,



Фиг. 14. Общий вид металлического выпрямителя на 6 в, 275 а



Фиг. 15. Общий вид установки металлического выпрямителя (на 8 в, 3000 а) с трехфазным трансформатором масляного охлаждения

очень мало отличающееся от требуемого напряжения для гальванических целей.

При небольших мощностях применяются воздушные трансформаторы, монтируемые с внутренней стороны ящиков выпрямителей. На фиг. 14 представлен общий вид выпрямителя на 6 в, 275 а.

Для выпрямителей большой мощности применяют трехфазные

трансформаторы с масляным охлаждением, устанавливаемые рядом с выпрямителем. Общий вид такой установки мощностью в 3000 а при 8 в представлен на фиг. 15.

Как видно на фигурах, элементы выпрямителей монтируются в ящики из углового железа, закрытые листами из листового железа. Для охлаждения выпрямительных пластин в ящике монтируется небольшой вентилятор, приводимый в действие короткозамкнутым асинхронным мотором. Воздух засасывается снизу так, что, проходя через отдельные элементы пластин вверх, охлаждает их.

Отдельные ящики могут быть сгруппированы путем параллельного соединения при помощи наружных шин в одну более мощную систему.

Включение выпрямителя блокируется с мотором охлаждающего вентилятора. В случае повреждения вентилятора и его остановки, под действием специального реле происходит выключение контактора, включающего выпрямитель.

ГЛАВА II

УСТАНОВКА НИЗКОВОЛЬТНЫХ ДИНАМОМАШИН И УХОД ЗА НИМИ

При выборе места для установки динамомашин, наряду с соображениями, диктуемыми технологическим процессом, необходимо также руководствоваться и тем, чтобы помещение для динамомашин было возможно сухим и прохладным, чтобы в помещении не было дыма и вредных паров кислот.

Фундамент под моторгенераторы должен быть прочным и не допускать даже малейшей вибрации. Коллектор и щетки должны быть доступны для осмотра.

Соединение динамомашинны с мотором, осуществляемое обычно эластичной муфтой, должно быть надежным; оси валов должны быть сцентрированы таким образом, чтобы они были строго параллельны и ни в коем случае не допускали биения и нульсации.

В отличие от других динамомашии низковольтные динамомашинны имеют по два мощных коллектора и большое количество щеток. Поэтому уходу за щетками и коллектором необходимо уделить особое внимание.

Коллекторы должны вращаться строго концентрично. Эксцентricности нельзя допускать ни в коем случае и устранять ее необходимо путем обточки и шлифовки. Коллекторы в зависимости от степени износа либо обтачиваются и проверяются на станках, либо отшлифовываются бархатной шпиль или стеклянной бумагой и полируются пемзой. Протирать коллекторы необходимо чистой тряпкой и спиртом и изредка смазывать несколькими каплями масла или вазелина.

Большое значение имеет соответствие материала щеток и коллектора. Если щетки мягче коллектора, происходит быстрое за-

грязнение коллектора пылью, а в обратном случае — быстрый износ коллектора.

Что касается щеток, то необходимо прежде всего обеспечить, чтобы они были тщательно установлены и притерты и работали без малейшего искрения и шума.

Положение щеткодержателей фиксируется отметками, установленными на заводе; причем в динамомашинках ЯЭМЗ сдвигать щетки по направлению вращения не нужно. Наклон щеток должен быть в сторону вращения.

Давление всех щеток на коллектор должно быть одинаковым и не очень большим (не выше 150 г/см^2). Щетки, сидящие в ряд на одном стержне, поднимать во время работы можно лишь по одной и если надо — подшлифовать и подточить, но ни в коем случае нельзя их приподнимать одновременно по несколько штук сразу.

Щетки располагаются таким образом, чтобы они покрывали всю длину коллектора. У четырехполюсных динамомашинок расстояние между рядами щеток должно равняться четвертой части окружности коллектора.

Притирку щеток производят кемзой или стеклянной бумагой; для этого коллектор обертывается бумагой, шероховатой стороной к щеткам, а якорь проворачивается по направлению вращения. После этого притирка производится на ходу, под током. Часто употребляемый способ притирки щеток при помощи наждачного полотна не дает тех результатов, какие дает притирка щеток стеклянной бумагой или кемзой.

После установки новых щеток притирку их надо производить особенно тщательно, поскольку неправильная работа их может привести к расстройству работы всей динамомашины.

Выбор материала щеток определяется соответствующими расчетными данными, в частности принятым переходным сопротивлением со щеток на коллектор, при котором достигается правильная коммутация динамомашины. Поэтому ставить произвольно щетки из любого материала, не предусмотренного заводом, нельзя.

Ввиду низкого напряжения самой динамомашины и необходимости иметь на борту вагона определенное напряжение с учетом потерь в сети, приходится обращать особо серьезное внимание на потери напряжения; причем, помимо потерь в местах контактирования и в сети, в первую очередь необходимо следить за тем, чтобы переходные потери напряжения между щетками и коллектором не превышали тех пределов, которые установлены для динамомашины.

Очень часто низковольтная динамомашина объявляется дефектной только потому, что она, работая при соединении на 6 в, дает напряжение только в 3—4 в и соответственно 10—20% номинального тока. По выяснении причин этих явлений оказывается, что потеря напряжения объясняется значительным сопротивлением в цепи шунтового реостата, вследствие малого сечения соединительных проводов, большой потерей напряжения во внешней сети, ввиду неправильного расчета шин и кабелей и, наконец, большими потерями напряжения между щетками и коллекторами,

достигающими при плохо притертых меднографитных щетках и потерях в контактах щеткодержателей 1—1,3 в, а при угольных щетках 2,5—3,5 в.

Особое внимание должно быть уделено правильному включению пунтовой и компаундной обмоток, а также дополнительных полюсов. (Правильное чередование полюсов может быть проверено магнитной стрелкой.) Вследствие сильных токов и соответственно больших потоков возбуждения от дополнительных полюсов и компаундной обмотки неправильное их включение может привести к понижению нормального напряжения машины, что скажется только при включении нагрузки.

Неправильное включение якоря или полюсов, короткие замыкания во внешней сети, наличие противоэлектродвижущей силы гальванических ванн при остановленных динамомашинах и невыключенной сети, наконец, неправильное направление движения, — могут привести к изменению полярности динамомашин или разматыванию ее. Если динамомашинка потеряла остаточный магнетизм, то самовозбуждение ее делается невозможным. Проверить, сохранился ли остаточный магнетизм, можно приближением к концу полюсов маленького куска немагнитного железа.

Для восстановления магнетизма обычно бывает достаточно пропустить постоянный ток небольшой силы. Источником тока для этого может служить другая динамомашинка или аккумуляторная батарея. В случае неудачи следует пропустить через обмотку полюсов более сильный ток. Если и после этого машинка нормально не возбуждается, то необходимо пропустить через обмотку возбуждения ток в обратном направлении. Скорость вращения динамомашинки также имеет значение: увеличение числа оборотов на 25—30% часто дает хороший результат — машинка немедленно возбуждается.

Пользоваться током для возбуждения от общих шин, если есть другие динамомашинки, можно по следующей схеме: у поврежденной динамомашинки снимают щетки и включают ток другой машины на общие шины, предварительно включив на них же поврежденную динамомашинку; тогда через ее катушки пройдет нормальный ток и восстановит магнетизм.

Если машинка после нормальной работы и остановки при новом пуске в ход нормально не возбуждается, то причина этого может быть в плохом состоянии коллектора. Так, например, если коллектор загрязнен, недостаточно хорошо обточен и отполирован, а изоляция между ламелями выступает на поверхность коллектора, то у щеток образуется дрожание и плохой контакт, а возникающее переходное сопротивление достигает такой величины, что мешает нормальному возбуждению динамомашинки. Избегнуть этого явления можно хорошим уходом за коллектором, а в соответствующих случаях, увеличением нажатия щеток, благодаря чему динамомашинка начинает нормально возбуждаться.

Перемена полярности машины может возникнуть вслед за коротким замыканием. Это явление — результат реакции якоря в момент короткого замыкания.

Если щетки находятся перед нейтральной линией, ток, протекающий в якоре, оказывает такое действие на полюса, что в них исчезают все следы магнетизма или же происходит перемена полярности. Для избежания этого дефекта надо сдвинуть щетки с нейтральной линии по направлению вращения. В низковольтных же динамомашинных ЯЭМЗ сдвигать щетки, как указывалось, не приходится, так как установка их производится на заводе.

Перемена полярности возможна и при последовательном соединении двух динамомашин, причем этому подвержена та из двух последовательно соединенных динамомашин, которая работает с напряжением, меньшим нормального, т. е. при малом магнитном потоке. Чтобы устранить это явление, необходимо обмотки возбуждения двух работающих последовательно динамомашин также соединить последовательно.

Снятие возбуждения динамомашины и остановка ее при невыключенной внешней сети, если на эту сеть включена гальваническая вална, также может привести к изменению полярности динамомашины. Это происходит вследствие незначительной противоэлектродвижущей силы гальванической валны.

Обычно восстановление правильной полярности динамомашины не всегда достигается сразу, — меры, применяемые для этого, приходится повторять несколько раз. Один из основных способов восстановления полярности — это применение вспомогательного источника тока. Для того чтобы перемагнитить полюса, вспомогательный постоянный ток включается в обратном направлении (положительный конец постоянного тока к отрицательному зажиму обмотки возбуждения, отрицательный к положительному). Если при пуске машины снова наблюдается неправильная полярность, то необходимо повторить опыт с переключенными проводами. Конечно, при включении необходимо принять все меры предосторожности, чтобы не сжечь обмотки полюсов.

Другой способ заключается в том, что вторично вызывают ту же причину, которая вызвала изменение полярности машин, и тогда она вновь изменяет полярность. Но этот прием требует опыта и осторожности.

Наконец, если посторонний источник тока совершенно отсутствует, может быть применен следующий способ: во внешнюю цепь динамомашины включается индуктивное сопротивление — катушка или обмотка трансформатора, причем самоиндукция этой катушки должна быть выше самоиндукции обмотки возбуждения. Обмотка возбуждения, включенная параллельно в цепь якоря, должна включаться тем же рубильником, что и внешнее и индуктивное сопротивление.

Схема включения показана на фиг. 16. Машину пускают в ход при нормальной скорости вращения и замкнутом рубильнике P , и после того, как она возбудилась, выключают рубильник. Тогда индуктивный или экстраток катушки, сохраняя то же направление, что и главный ток, пройдет через обмотки полюсов и изменит их полярность. Для уменьшения индуктивного сопротивления полюсов в их цепь можно включить омическое сопротивление.

Неправильное включение дополнительных полюсов и компаундной обмотки приводит, как указано выше, к тому, что при включении нагрузки напряжение сильно падает и генератор не дает тока, в то время как при холостом ходе напряжение на клеммах машины будет полное.

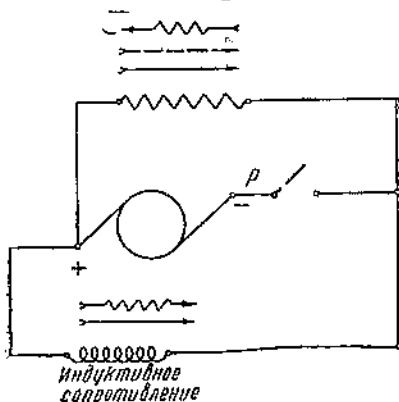
Чередование основных полюсов в генераторах с дополнительными будет правильным в том случае, если полярность дополнительного полюса такова же, как и следующего за ним по ходу вращения основного полюса.

Проверить правильность чередования полюсов можно при помощи магнитной стрелки, которую подносят быстро с внешней стороны ярма к болту, которым полюс прикрепляется к ярму. Однако этот способ не может считаться достаточно точным, так как магнитная стрелка легко может перемагничиваться под действием магнитного потока соседнего полюса. Кроме того, нужно иметь в виду, что с внешней стороны ярма магнитное поле — слабое, чувствительность стрелки очень мала и часто бывает трудно проследить результаты взаимодействия.

Можно также воспользоваться лампой накаливания с угольной нитью, питаемой источником постоянного тока. Если такую лампочку ввести в магнитное поле какого-либо полюса динамомашинны, то ее нить отклонится в ту или другую сторону в зависимости от полярности магнита.

И, наконец, наиболее точный и удобный на практике способ — исследование полярности магнитов при помощи катушки, в цепь которой включен милливольтметр. Этот способ заключается в том, что с внешней стороны ярма, где прикреплен магнитный полюс, медленно подносят катушку, в цепь которой включен милливольтметр с двойным отклонением, и быстро ее отводят в сторону. Вследствие индуктирования в катушке электродвижущей силы стрелка прибора отклонится в ту или другую сторону. По отклонению стрелки судят о полярности магнитов. Катушка может быть с железным сердечником или без него, но сопротивление ее должно соответствовать сопротивлению прибора. Для удобства производства опыта катушка должна иметь ручку, при помощи которой ее удобно подносить к болту, крепящему полюс.

В случае невозможности этими способами определить полярность приходится непосредственно проверить направление тока компаундной обмотки и дополнительных полюсов, следя за тем, от какой щетки (+ или —) включены эти обмотки и каково напря-



Фиг. 16. Схема включения динамомашинны для восстановления полярности.

- направление тока якоря
- направления экстра-тока полюсов
- - -→ направления экстра-тока самовозбудения

вление витков. По направлению же тока, пользуясь правилом Максвелла или штопора, можно определить полярность.

Часто бывает необходимо изменить направление тока в дополнительных полюсах, не изменяя полярности основных полюсов. Это можно сделать, сняв щит динамомашинны и переключив присоединение концов дополнительных полюсов к щеткам.

В практике встречаются случаи, когда динамомашина при пуске совершенно не дает тока. При отсутствии особых признаков причиной этого явления может быть разрыв якорной обмотки или неправильное положение щеток, наконец, слишком малое число оборотов динамомашинны или заземление двух точек генератора, т. е. короткое замыкание в самом якоре или в магистральной.

Все другие недостатки работы динамомашинны можно свести к следующим: искрение щеток, ненормальный нагрев всей динамомашинны или отдельных ее частей, ненормальный шум.

В литературе имеется достаточно много описаний указанных ненормальностей с указанием причин и способов их устранения. Поэтому останавливаться на них не будем.

Что касается ненормального нагрева динамомашинны, то необходимо иметь в виду, что если генератор вращается на холостом ходу, но с полным возбуждением, то нагревание обмотки и сердечников электромагнитов и железа якоря (которое при холостом ходе плавным образом зависит от возбуждения) будет очень близко к пределу нагревания динамомашинны. При включении нагрузки нагрев увеличится, но незначительно. Поэтому нельзя по нагреву динамомашинны при холостом ходе делать поспешные заключения о том, что машина при полной нагрузке будет нагреваться чрезмерно.

Порядок пуска в ход динамомашин таков. При выключенной внешней нагрузке включают трехфазный мотор при помощи пускателя или трехполюсного рубильника. При наличии мотора с контактными кольцами постепенно выводят масляный пусковой реостат и по достижении полного числа оборотов замыкают обмотку ротора накоротко при помощи короткозамыкателя, установленного на щетках мотора. При короткозамкнутом моторе указанная операция не требуется.

После этого переводят ручку шунтового регулятора динамомашинны с холостого контакта на первый рабочий контакт и постепенно выводят сопротивление реостата. Когда напряжение динамомашинны достигнет номинального значения, включают внешнюю нагрузку (ванны) при помощи специального рубильника, включенного в цепь постоянного тока.

Для остановки динамомашинны сначала выключают внешнюю цепь, а затем постепенно «снимают» напряжение.

СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

1. Работа одной динамомашины на одну или несколько ванн

При выборе схемы электрических соединений и распределения энергии на ванны исходят из того, чтобы регулировка напряжения и силы тока была по возможности простой и чтобы изменение режима работы одной из ванн, включенной параллельно с другими на одну и ту же динамомашину, не влияло на работу других ванн.

Наиболее простой и удобной является схема работы одной динамомашины на одну ванну. В этом случае регулировка тока на работающей ванне может осуществляться непосредственно шунтовым регулятором динамомашин.

Если имеется динамомашинка с отдельным возбудителем, достигается еще большая гибкость в регулировке. В этом случае регулировка тока осуществляется шунтовым и магнитным регуляторами.

В цепи динамомашинки — ванны устанавливаются вольтметр и амперметр, а также рубильник для выключения цепи тока. Рубильник может быть однополюсным или двухполюсным (с включением двух ножей в один полюс — в случае больших токов и необходимости экономить место на щитке).

Измерительные приборы и рубильник, а также шунтовой регулятор монтируются на отдельном щите, причем желательно, чтобы этот щит находился возможно ближе к ванне для удобства обслуживания и регулировки тока. Однако место установки щита определяется также и тем обстоятельством, что его выгоднее в целях экономии меди ставить на пути подхода к ванне шин или проводов.

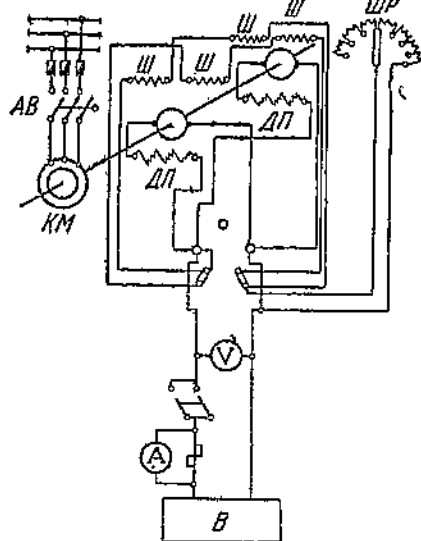
При силе тока 1000 а и выше, когда применяются амперметры, включаемые от шунта, прокладка шин к щиту не обязательна, так как амперметр может быть присоединен тонкими проводами к шунту, установленному на шинах, и поэтому представляется большая свобода для выбора места установки щита. В этом случае рубильник для отключения ванны необходимо устанавливать непосредственно около борта ванны.

Никаких плавких предохранителей в цепи постоянного тока обычно не устанавливают, так как они при большой силе тока достигают очень больших размеров и в этих условиях не обеспечивают надежной защиты от коротких замыканий, являясь в то же время источником постоянных омических потерь. Защита мотор-генераторов от перегрузки и токов короткого замыкания обычно осуществляется только на стороне переменного тока. Если применяют динамомашинку с отдельным возбудителем, в некоторых случаях практикуют установку плавких предохранителей в цепи возбуждения динамомашинки.

В цепи мотора переменного тока устанавливают максимальный

автомат или магнитный пускатель типа ПМ, причем в последнем случае необходимо устанавливать также и предохранители, а защита от коротких замыканий осуществляется автоматом, который стоит на фидере переменного тока.

При применении короткозамкнутых моторов пуск мотора достигается кнопочным управлением непосредственно со щита ванны. Если применяется мотор с фазным ротором, пуск осуществляется обычным путем при помощи реостата, устанавливаемого в цепи мотора, и магнитных пускателей типа ПМ, включенных в цепи моторов.



Фиг. 17. Схема электрических соединений при работе низковольтной динамомашинны на одну ванну

АВ — автоматический выключатель, КМ — короткозамкнутый мотор, ДП — обмотки дополнительных полюсов, Ш — шунтовые обмотки, ШР — шунтовый регулятор, В — ванна

ность регулировки тока на каждой ванне для того, чтобы переменный режим работы каждой из них не отражался на работе других ванн. Если осуществлять регулировку тока для данной ванны при помощи изменения напряжения динамомашинны, то такая регулировка отражается на работе других ванн. Поэтому в цепи каждой ванны включается специальный реостат для регулировки тока.

Реостат включается последовательно с ванной; так как ток в ванне может быть очень большой, реостат должен иметь ряд параллельных секций, каждая из которых рассчитана на часть общего тока.

Обычно реостат монтируется в виде щитка, на котором имеются также необходимые измерительные приборы — вольтметр и амперметр — для контроля за работой ванны, а также однополюсный рубильник для выключения ванны. В случае сильных токов для уменьшения места, занимаемого рубильником, устанавливают, как

Пусковые приспособления моторов обычно монтируются непосредственно у моторов и не связаны со щитом постоянного тока.

На фиг. 17 показана схема электрических соединений при работе низковольтной динамомашинны на одну ванну.

На фиг. 18 представлен общий вид щита динамомашинны при работе на одну ванну. На щите установлены вольтметр, амперметр и двухполюсный рубильник, который включается двумя ножками в один полюс. Под щитом монтируется шунтовой регулятор для регулировки силы тока и напряжения в ванне.

При установке в гальваническом цехе нескольких ванн, работающих от одной динамомашинны, включение их производится от общих шин. Однако при этом необходимо предусматривать возмож-

указано выше, двухполюсный рубильник, включенный двумя ножами в один полюс.

Щитки монтируются непосредственно у борта ванны, причем их располагают по возможности так, чтобы можно было с рабочего места у ванны наблюдать за показаниями приборов и производить регулировку тока, а также, чтобы по возможности длина шин при подводке к щитку была наименьшей.

На фиг. 19 приводится схема электрических соединений при работе одной динамомашины на несколько ванн.

Как видно из схемы, в цепи динамомашины установлен только вольтметр и амперметр. Для включения внешней цепи служат рубильники, установленные у каждой ванны. В цепи ванны, кроме того, также установлены вольтметр, амперметр и реостат.

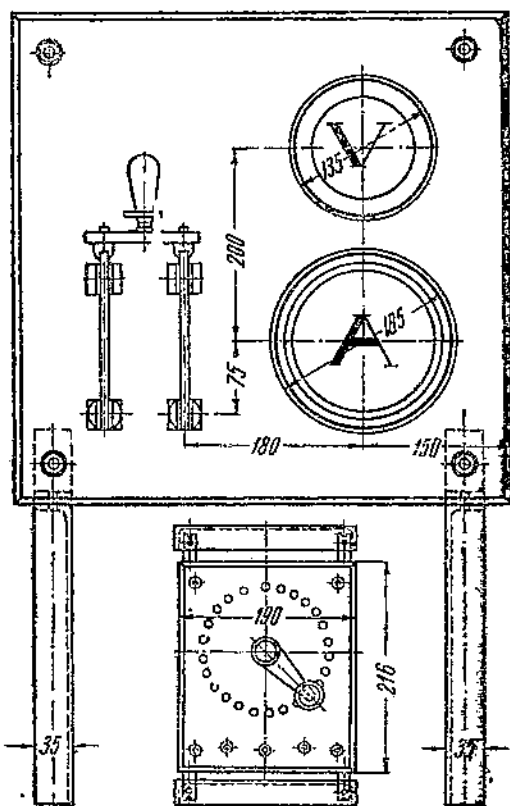
В тех случаях, когда реостаты для регулировки тока в цепи ванны не устанавливаются, ограничиваются только установкой рубильников и приборов. Это относится к ваннам электролитического обезжиривания, по-

скольку плотность тока при обезжиривании не играет решающей роли и устанавливается в ванне в зависимости от расстояний между электродами, из которых один может быть корпусом ванны.

Для изменения полярности тока необходимо предусмотреть в этом случае установку на щите ванны двухполюсного переключателя с перекрещенными концами.

Включение вольтметра в цепь обезжиривающей ванны также не обязательно, так как процесс обезжиривания происходит при широких диапазонах плотности тока, и единственной регулировкой в данном случае является время нахождения деталей в ванне, которое обычно бывает кратковременным — несколько минут. При этом плотность тока не играет существенной роли.

Ввиду того, что низковольтные динамомашины обычно рабо-



Фиг. 18. Общий вид щита динамомашины при работе на одну ванну

тают непрерывно, и по условиям технологического процесса не всегда имеется возможность останавливать их для осмотра и ремонта — в том случае, если в связи с экономией средств и места не ставят резервной динамомашинны, — иногда предусматривают возможность переключения каждой из установленных динамомашин для работы на одну и ту же наиболее ответственную ванну, которая должна работать непрерывно.

В этом случае схема электрических соединений несколько усложняется, причем возможность переключения динамомашин на одну и ту же ванну должна осуществляться на одном из щитов, расположенных по возможности так, чтобы расход меди на проводку был наименьшим.

В тех случаях, когда в гальваническом цехе установлено несколько динамомашин, каждая из которых работает на несколько ванн, возможно на одном щите смонтировать одновременно измерительные приборы и шунтовые регуляторы двух или трех динамомашин.

Иногда по условиям технологического процесса, когда одна динамомашинна питает несколько ванн, но предусмотрена также работа и одной ванны от этой динамомашинны, на щите ванн устанавливают и реостат, и шунтовой регулятор. В этом случае, если динамомашинна работает на несколько ванн, регулировка тока производится реостатами, установленными на ваннах; когда же динамомашинна работает только на одну ванну, регулировка тока осуществляется шунтовым регулятором путем изменения напряжения динамомашинны, а рубильниковый реостат, включенный последовательно в цепь ванны, закорачивается.

Из изложенного становится понятным, что управление динамомашиннами и регулировка тока, по возможности децентрализуется таким образом, чтобы удобно было производить все необходимые включения и наблюдать за показаниями приборов, не отходя от ванны. Кроме того, при работе только одной динамомашинны на ванну желательно и остановку, и пуск агрегата также осуществлять с рабочего места у ванны. В этом случае очень удобно пользоваться кнопчным управлением, которое предусмотрено, например, при пуске моторов при помощи магнитных пускателей типа ПМ.

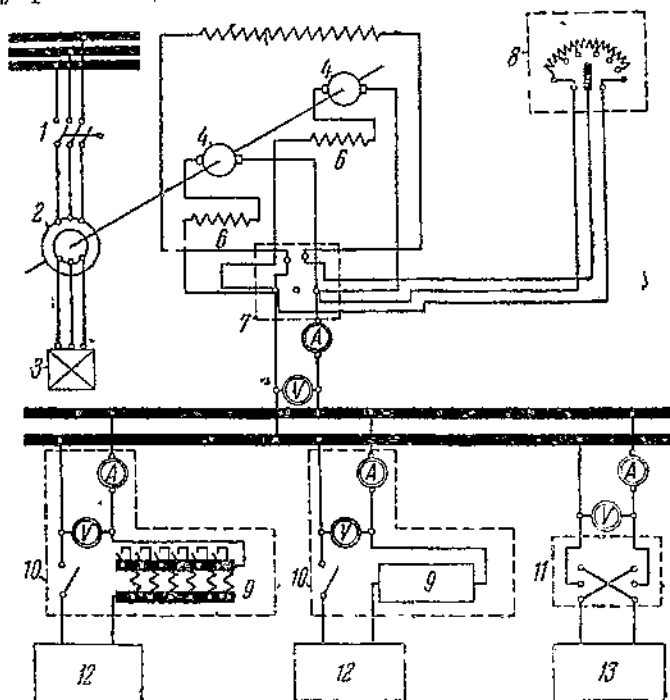
2. Параллельная работа низковольтных динамомашин

При потребности в токах силой 10 000—15 000 а на ванну и наличии в настоящее время агрегатов предельно до 4000—5000 а приходится осуществлять параллельную работу нескольких динамомашин.

Включение шунтовых динамомашин на параллельную работу не представляет особых затруднений, но требует больше места для распределительных устройств и панелей, а также усложняет схему электрических соединений.

В цепи каждой динамомашинны должны быть установлены амперметр и вольтметр, необходимые для контроля при

включения динамомашин параллельно. Можно воспользоваться только одним вольтметром, но при обязательном условии установки вольтметрового переключателя с количеством направлений по числу работающих динамомаши.



Фиг. 19. Схема электрических соединений при работе одной динамомашины на несколько ванн

1 — автоматический выключатель, 2 — трехфазный мотор переменного тока, 3 — пусковой реостат к мотору, 4 — якорь низковольтной динамомашины с двумя коллекторами, 5 — обмотки возбуждения динамомашины, 6 — обмотки дополнительных полюсов, 7 — клеммная доска динамомашины, 8 — шунтовый регулятор с холостым контактом, 9 — реостат для регулирования тока в ванне, 10 — щит ванны, 11 — двухполюсный переключатель для ванны электротехнического обезжиривания, 12 и 13 — ванны

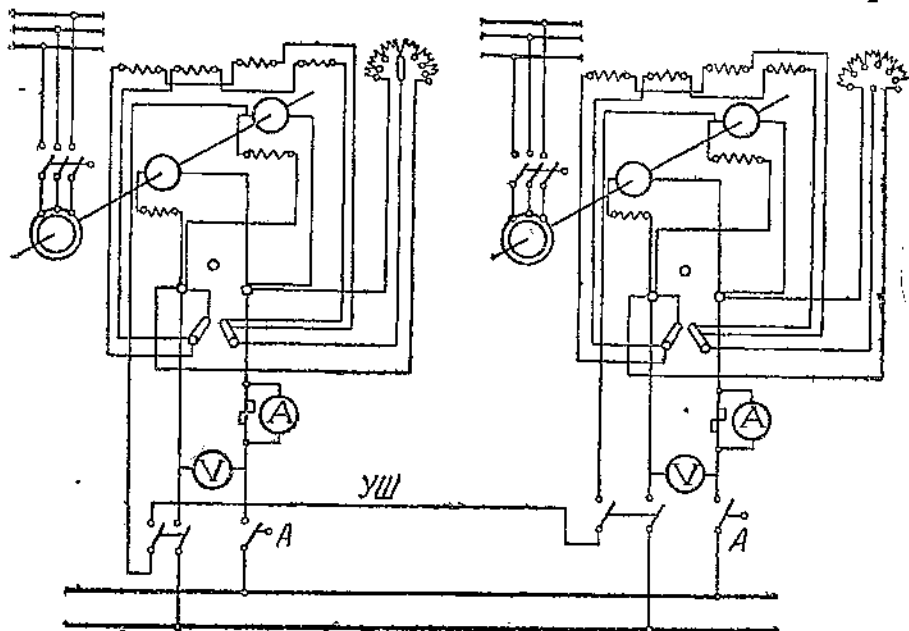
При параллельной работе компаундных генераторов уменьшение напряжения в одном из них, происшедшее от различных причин, может привести к тому, что ток в генераторе пойдет в обратном направлении и генератор начнет работать как мотор.

Изменение направления тока в якоре и последовательной обмотке будет сильно размыкачивать динамомашину.

Для того чтобы избежать этого, приходится принимать меры, препятствующие изменению направления тока в серийной обмотке. При параллельно работающих компаундных генераторах с этой целью прокладываются уравнительные шины между одноименными полюсами динамомашины со стороны дополнительных полюсов. Кроме того, в цепи якорной обмотки устанавливаются минимально обратные автоматы, которые в случае изменения на-

правления тока отключают динамомашину. Уравнивательные шины соединяют зажимы сериесных обмоток со стороны якоря у всех динамомашины, т. е. соединяют между собой параллельно все сериесные обмотки.

Таким образом, становится невозможным возвращение тока в сериесную обмотку и уничтожается неустойчивость токов в якорях, так как возрастание тока в якоре одной динамомашины возбудит на возбуждение остальных динамомашины. При этом суммарный ток всех работающих динамомашин будет разветвляться обратно пропорционально сопротивлениям обмоток, при



Фиг. 20. Схема электрических соединений при параллельной работе компаундных генераторов с автоматами

А — минимально-обратный автомат, УШ — уравнивательная шина

всех условиях сохраняя свое направление. Таким в свою очередь обуславливается пропорциональное участие каждого отдельного якоря в параллельной работе всех динамомашины на общие шины.

Рубильник, включающий уравнивательную шину, должен замыкаться одновременно с одним из полюсов динамомашины, включающейся на параллельную работу. Для этого предусматривают в схеме двухполюсный рубильник, включающий одновременно один полюс динамомашины в уравнивательную шину.

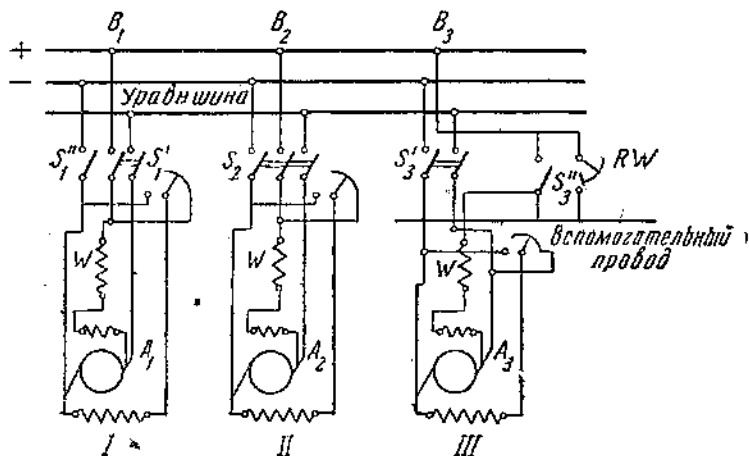
При включении динамомашины на параллельную работу необходимо убедиться в правильной полярности подключаемой машины, для чего при замкнутом двухполюсном рубильнике включают между клеммами обратного автомата лампу накаливания. Если полярность правильна и существует равенство напряжений

между работающей и подключаемой динамомашини, то лампа будет гореть полным накалом.

Схема электрических соединений при параллельной работе компаундных генераторов с автоматами представлена на фиг. 20.

В случае отсутствия минимально-обратных автоматов можно воспользоваться одной из схем параллельного соединения компаундных динамомаши, представленных на фиг. 21.

При включении динамомаши по схеме I замыкают сначала рубильник S_1' , причем в серию обмотку начинает поступать ток от уже работающих динамомаши. При этом одновременно в динамомашину устанавливается правильная полярность. После



Фиг. 21. Три схемы параллельного соединения компаундных динамомаши

этого шунтовое возбуждение регулируется так, что напряжение динамомашины совпадает с напряжением сборных шин, после чего включают рубильник S_1'' . При дальнейшем увеличении шунтового возбуждения динамомашина начинает отдавать ток в сеть.

Этот способ имеет тот недостаток, что параллельно к серийным обмоткам уже работающих динамомаши внезапно включается новая цепь: часть тока нагрузки проходит через эту цепь, и ток в серийных обмотках включенных динамомаши падает; точно так же падает напряжение, и тем больше, чем больше динамомашина перекомпаундирована.

При включении динамомаши по схеме II равенство напряжений возникает сначала только в шунтовой обмотке и лишь после этого включается трехполюсный рубильник S_2 . При этом тотчас же по серийной обмотке включенной динамомашины начинает проходить часть тока нагрузки. Этот ток усиливает возбуждение динамомашины; последняя начинает сама отдавать ток в сеть, тогда как другие динамомашины соответственно разгружаются.

Колебание напряжения возникает здесь лишь в незначительной мере. Этот способ имеет тот же недостаток, что и в схеме I,

закрывающийся в том, что из-за внезапной нагрузки включаемой динамомашинны и разгрузки уже работающих динамомашин могут возникнуть колебания нагрузки между машинами и неравномерность хода первичных двигателей.

Этих недостатков схем I и II можно избежать включением, показанным на схеме III. В этом случае динамомашинна возбуждается при помощи шунтовой обмотки до напряжения между уравнительным проводом и отрицательной сборной полосой, после чего приключается к проводам при помощи двухполюсного рубильника S_3' , тогда как серийная обмотка включается во вспомогательный провод при помощи однополюсного шунтированного переключателя S_3'' .

Вспомогательный провод соединен с положительной сборной полосой через регулируемое сопротивление RW , которое постоянно замыкается накоротко; при этом нагрузка воспринимается динамомашинной одновременно с увеличением тока шунтового возбуждения. Одно и то же регулируемое сопротивление может быть использовано для включения и выключения нескольких генераторов параллельно работающих по этой схеме.

Для выключения, при соединении по любой из этих схем, следует выполнять операции в обратной последовательности.

Необходимо иметь в виду, что при параллельной работе компаундных генераторов по этим схемам сопротивление цепей между точками A_1, A_2, A_3 уравнительного провода и B_1, B_2, B_3 положительной сборной шины должно всегда так выравниваться, чтобы токи распределялись в серийных обмотках соответственно мощности отдельных динамомашин. Лишь в этом случае возможна нормальная параллельная работа динамомашин. Для этой цели последовательно с серийными обмотками следует включать особые сопротивления W , которые могут состоять, например, из шпектиновых полос с относительно малым сопротивлением.

3. Последовательное соединение низковольтных динамомашин

В некоторых случаях электролиза и в специальных целях при необходимости получить напряжение в 24 в и выше применяют последовательное соединение (фиг. 22) низковольтных компаундных динамомашин.

В этом случае необходимо следить за тем, чтобы однажды установленная полярность динамомашин оставалась постоянной и чтобы к клеммам рубильника постоянно были приключены одни и те же полюса.

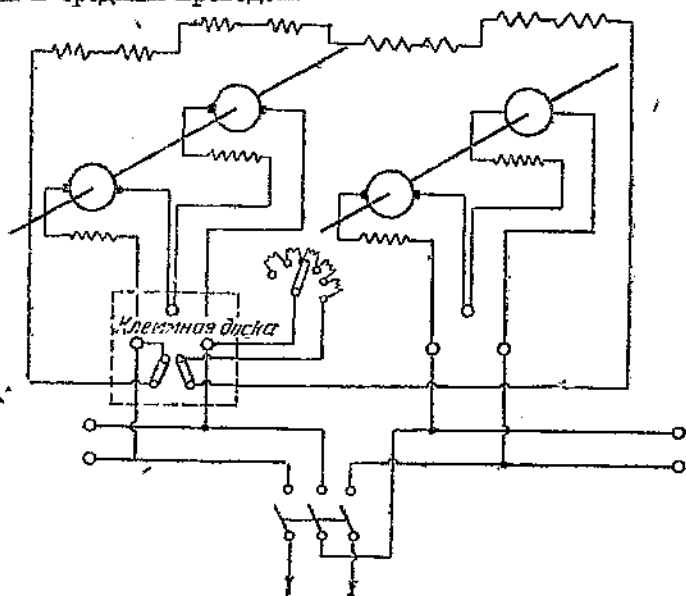
Включение динамомашин должно производиться одновременно и может быть осуществлено при помощи трехполюсного рубильника. При этом во избежание перемены полярности динамомашин надо соединить их обмотки возбуждения также последовательно.

4. Трехпроводная система

Ввиду того что все динамомашинны, выпускаемые Ярославским электромашинностроительным заводом, имеют два коллектора, соединение на 12 в достигается последовательным включением двух

якорных обмоток. В этом случае между крайними зажимами клеммной коробки будет напряжение 12 в, а между каждым крайним зажимом и средним будет напряжение 6 в.

Таким образом, если имеется потребность в постоянном токе в 6 в, а динамомашинна расположена далеко от электролизного или гальванического цеха, возможно осуществить трехпроводное соединение динамомашинны (фиг. 23), причем внешняя нагрузка должна быть включена равномерно в оба плеча между одним крайним и средним проводом.

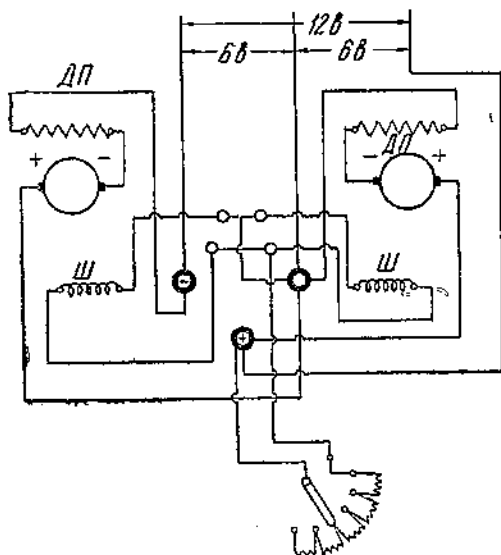


Фиг. 22. Схема последовательного включения низковольтных динамомашин

В этом случае достигается экономия в шинной меди для подвода тока к валкам, причем расход меди выражается, как и во всякой трехпроводной системе, при применении среднего провода, одинакового с крайними проводами сечения, в 87,5%, и при применении половинного сечения — в 31,3% от расхода меди при двухпроводной системе. Указанные цифры экономии меди подтверждаются следующими соображениями: так как сила тока в крайних проводах в этом случае будет в два раза меньше, чем при двухпроводном включении, то сечение проводов может быть взято в 2 раза меньше. При этом допускаемое падение напряжения можно принять также в 2 раза больше, поскольку сеть имеет напряжение не 6 в, а 12 в (крайние провода). Поэтому общее сечение проводов может быть в 4 раза меньше, чем при двухпроводной системе на 6 в, т. е. имеет место расход меди, составляющий 25% от расхода меди при двухпроводной системе. Наличие же третьего провода половинного сечения увеличивает расход меди и общая экономия ее составляет 31,3%.

Единственное препятствие, ограничивающее применение трехпроводной системы, заключается в том, что нагрузка на разные плечи может быть неравномерна.

По опытным данным, которые получены Ярославским заводом, неравномерность нагрузки на разные плечи в динамомашинках до 1500 в возможна на 100 %, т. е. можно каждый коллектор динамомашинки загружать независимо от другого в пределах до 100% его мощности. При этой схеме соединений к среднему зажиму у клеммной доски (на котором происходит соединение плюсового и минусового концов разных якорных обмоток при соединении на 12 в) присоединяется третий провод, идущий во внешнюю цепь, который будет отрицательным по отношению к крайнему положительному зажиму и положительным по отношению к крайнему отрицательному проводу.



Фиг. 23. Схема трехпроводного соединения динамомашин

III — шунтовые обмотки, ДП — обмотки дополнительных полюсов

Цепи возбуждения как одной, так и другой якорной обмотки должны быть выключены от положительного и общего зажимов машины параллельно, как указано на фиг. 23.

5. Комбинированные соединения

Перечисленными видами соединений динамомашинки и ванн гальванических цехов далеко не потерпываются все виды электрических соединений, встречающихся на практике.

Так, например, часто при отсутствии резерва динамомашинки предусматривают переключение ванн с одной машины на другую. Воз-

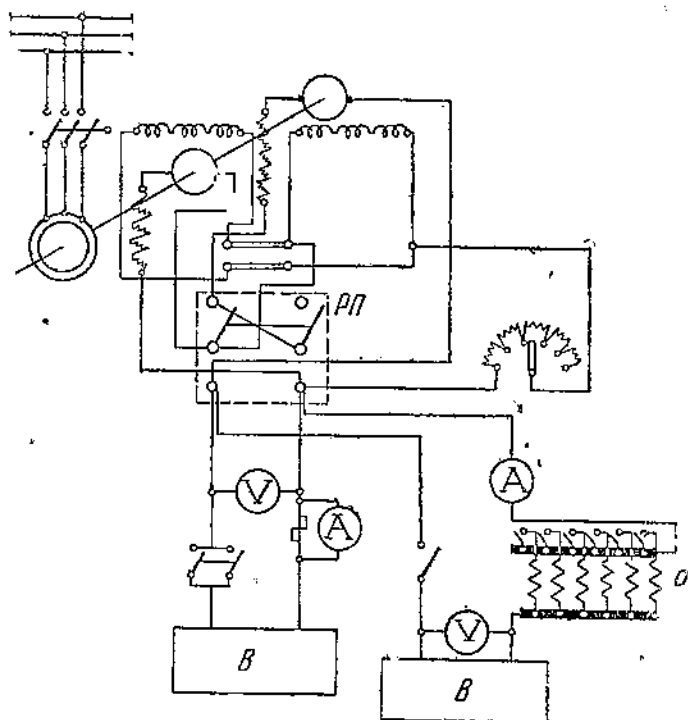
можны случаи, когда, как указано выше, одна динамомашинка может работать иногда на несколько ванн, а иногда только на одну ванну.

В этом случае регулировка на ванне производится только при помощи шунтового регулятора. Следовательно, для регулировки тока надо предусмотреть установку вблизи ванны как шунтового регулятора, так и обычного реостата, применяемого для регулировки тока в каждой ванне в отдельности.

Если динамомашинку отделяет от ванны, на которую она работает, большое расстояние, шунтовой регулятор устанавливают вблизи ванны, включая его от шин или штанг, а третий провод ведут от клемм возбуждения динамомашинки, причем он должен

быть рассчитан обязательно на падение напряжения, так как при недостаточном его сечении динамомашинна не будет возбуждаться до нормального напряжения.

Возможны случаи, когда при потребности тока на ванне, превышающей мощность динамомашинны, включаются на параллельную работу несколько динамомашин, и в то же время по ходу технологического процесса эти же ванны должны работать при значительно уменьшенной нагрузке. Тогда при установке соответ-



Фиг. 24. Схема переключения динамомашинны с 6 на 12 в при помощи двухполюсного переключателя

РП—двухполюсный переключатель, Р реостат, В—ванны

ствующего распределительного устройства должна быть предусмотрена возможность как параллельной работы динамомашинны на одну ванну, так и раздельная работа тех же динамомашинны на несколько ванн.

Наконец, возможны случаи, когда некоторые ванны, как, например, хромовая ванна, в зависимости от технологических условий, характера деталей, покрытия и т. п., работают в пределах от 6 до 12 в при одной и той же силе тока.

Тогда предусматривают работу динамомашинны по трехпроводной системе и одновременную подводу к ванне тока при помощи трех проводов напряжением в 6 и в 12 в.

Переключение на 6 и 12 в может быть осуществлено в этом случае одним однополюсным переключателем, а регулировка тока на ванне — либо одним пунтовым регулятором, если динамомашинка работает только на одну ванну, либо реостатом, включенным в цепь ванны, причем необходимо иметь или два реостата, один из которых рассчитан на 6 в, а другой на 12 в, или один комбинированный реостат для работы и при 6 и при 12 в.

В тех случаях, когда предусмотрена работа гальванических ванн при напряжениях и в 6 и в 12 в (например, хромовая ванна при 6 в, 1500 а, и та же ванна при 12 в, 750 а), от клеммной доски динамомашинны отводят на соответствующий приток все 4 конца двух якорных обмоток и производят переключения динамомашинны с 6 на 12 в не у клеммной доски динамомашинны, а на щите, при помощи двухполюсного переключателя по схеме, показанной на фиг. 24. При замыкании ножей переключателя *РП* вверх динамомашинна включается на 12 в, при замыкании вниз динамомашинна переключается на 6 в.

6. Схема соединений при процессе анодной поляризации

Для процесса оксидации алюминия и его сплавов, осуществляемого в ванне с хромовой кислотой, применяется постоянный ток до 60 в, а для ванн с серной кислотой — до 15 в.

Для питания ванн постоянным током напряжением до 60 в в качестве источника тока применяются сварочные агрегаты типа СМГЗ и СМГ4.

Эти агрегаты строятся на силу тока соответственно до 500 и 1000 а. Поскольку они предназначены для целей сварки, режим их работы характеризуется особенностью зажигания и горения сварочной дуги, требующей падающей внешней характеристики генератора. Такой вид характеристик сварочных агрегатов достигается соответственным выбором схемы машин и мощности моторов для их привода.

Поскольку эти агрегаты поставляются для многопостовой сварки, то в поставку агрегатов входят также электрододержатели, щетки для сварщиков, шлемы, а также нагрузочные реостаты. Но при применении этих агрегатов для целей анодной поляризации эти элементы оборудования не используются. Кроме того, так как по схеме самого процесса требуется регулировка напряжения от 0 до 60 в через равные промежутки времени, как будет указано ниже, то с этой целью компаундные обмотки генераторов обычно размыкают.

По применяемому в настоящее время методу анодной оксидации, при котором на алюминий или сплавах из него создается оксидная пленка, дающая наибольший эффект в смысле стойкости против коррозии, оксидация производится в 3%-ном растворе хромового ангидрида в течение часа при изменении напряжения в соответствующие промежутки времени по ступеням: 10, 30, 40, 50 в.

Кроме указанного метода применяют и более укороченный

способ оксидации, однако тоже требующий соответственной регулировки напряжения. В связи с этим наиболее целесообразной, как и в схемах с пизковольтными динамомашинами, необходимо считать схему включения агрегата на одну ванну. При этом регулировка напряжения осуществляется непосредственно пунтовым регулятором. При включении нескольких ванн на один агрегат регулировка может быть достигнута только включением в цепь каждой ванны специального реостата.

При схеме включения нескольких ванн параллельно на один агрегат без реостатов процесс во всех этих ваннах должен начинаться одновременно, протекать синхронно во всех ваннах и заканчиваться также одновременно.

Регулировка напряжения осуществляется при этом, как указывалось, пунтовым регулятором.

Включение в цепь каждой ванны, при их параллельном соединении, специального реостата весьма неэкономично, так как в течение определенного времени весьма значительная часть напряжения динамомашины теряется в этом реостате. Эти омические потери являются совершенно непроизводительной затратой энергии, идущей на нагрев реостата.

Кроме того, при больших токах, с которыми приходится иметь дело, эти реостаты, исходя из конструктивных и расчетных данных, будут чрезвычайно громоздки.

Все эти соображения заставляют выбирать при процессе анодной поляризации схему индивидуального питания одной ванны или в крайнем случае двух ванн от одной динамомашинны.

При этом для питания ванн наиболее целесообразно устанавливать динамомашинны постоянного тока до 60 а с отдельным возбудителем, как обеспечивающие наибольшую гибкость регулировки. В цепи каждой ванны при этом необходимо устанавливать рубильник на соответствующую силу тока (обычно с рычажным приводом), амперметр и пунтовой регулятор. При работе динамомашинны на две ванны кроме щитков ванн устанавливается панель динамомашинны. На панели устанавливается общий выключатель рубящего типа, амперметр на общую силу тока машинны и пунтовой регулятор для регулировки напряжения на ваннах; на щитках ванн в этом случае регулировку напряжения производить нельзя.

ГЛАВА IV

СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ПРОВОДОВ, ШИН И КАБЕЛЕЙ И ИХ РАСЧЕТ

Распределение электрической энергии и передача тока от генераторов к ваннам осуществляется посредством изолированных проводов, бронированных кабелей или голых медных шин.

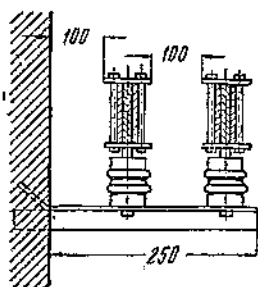
Применяются также и алюминиевые шины, но в местах контактирования их необходимо обязательно сваривать. Изолированные провода применяют, когда требуется сечение до 150 мм²; про-

кладка их осуществляется открыто на роликах. В остальных случаях применяют голую медь или бронированные кабели сечением до 300—400 мм².

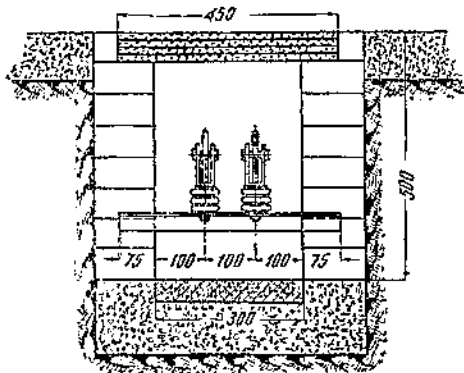
Для токов порядка 500 а и выше избегают пользоваться проводниками круглого сечения, предпочитая плоские шины. Это позволяет делать более надежные крепления и кроме того, плоские шины значительно лучше охлаждаются, чем проводники круглого сечения.

Обычно прокладка проводов и кабелей производится по стенам и потолку. В ряде случаев подводка осуществляется в каналах, в которых прокладываются шины на опорных изоляторах или кабели (каналы устраиваются в полу и перекрываются рифленым железом).

Если ванны расположены по середине цеха или в цехе отсутствует потолоч-



Фиг. 25. Способ прокладки шин по стене на кронштейнах



Фиг. 26. Способ прокладки шин в канале (одна линия)

ное перекрытие, подвести шины к ваннам ни сверху ни со стен не представляется возможным, и в этом случае единственно возможным способом проводки к ваннам может быть устройство каналов.

Проводка кабелями или шинами при помощи каналов удобна, так как при этом сокращаются расстояния (нет необходимости подниматься к потолку и спускаться к ваннам), а также потому, что шины и кабели в этом случае не загромождают помещения.

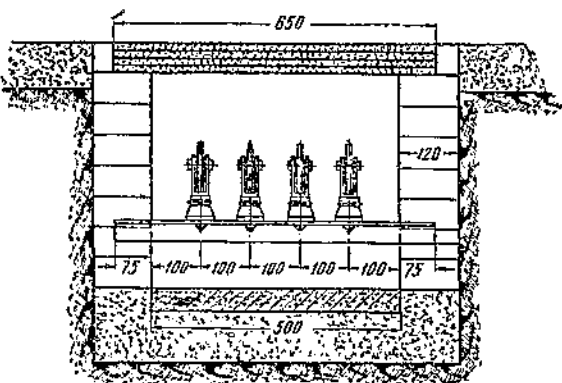
В тех случаях, когда не требуется больших сечений проводов, выгоднее бывает прокладка кабелей. Капитальные затраты на прокладку шин в каналах и прокладку кабеля почти одинаковы, так как хотя стоимость шин и меньше кабелей, однако, прокладка их в каналах больших габаритов вызывает дополнительные затраты на земляные работы, железо и монтаж, который обходится дороже, чем при прокладке кабеля. При устройстве каналов для шин возникают затруднения с трассировкой их, так как обычно в гальванических цехах в полу имеются стоки, лотки, проложены трубы водяной и паровой коммуникации. Кроме того, прокладку каналов

возможно осуществлять только на первом этаже (без подвала). При прокладке каналов приходится по возможности избегать их перекрещиваний с каналами коммуникации, и в необходимых случаях проводить их в разных плоскостях, что значительно удорожает земляные работы.

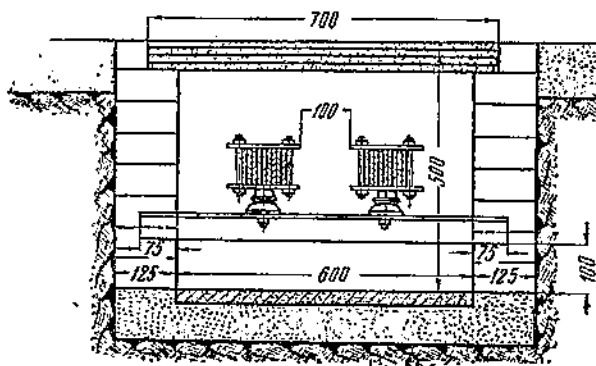
Прокладка же кабелей таких серьезных затруднений не вызывает.

На фиг. 25 показан способ прокладки шин по стене на кронштейнах при помощи стационарного фарфора (ШО-5). Применения вместо фарфоровых изоляторов различных прокладок из других материалов следует избегать.

Высота подвески шин не должна быть больше 2—2,5 м от пола. В случае наличия высоких и больших окон шины можно прокладывать под ними, но несколько выше бортов ванны, чтобы избежать касаний, замыканий и забрызгиваний шин электролитом.



Фиг. 27. Прокладка шинами двух линий в канале



Фиг. 28. Прокладка шин пакетом (сборными полосами) в канале

На фиг. 26, 27, 28 показаны способы прокладки шин в каналах для различных сечений шин и разного количества линий.

На фиг. 29 показан способ крепления шин на потолке при помощи подвесок из углового железа. Этот способ применяется, если невозможно сделать подводку к ванне по стенам или в каналах. При небольшой высоте помещения подвеска шин на потолке

создает удобство, так как помещение не загромождается шинами и к ваннам возможен свободный доступ.

Как уже сказано, для токов выше 500 а применяют плоскую медь в виде шин, так как удобнее производить ее крепление, а также присоединять к штангам ванны. Соединение отдельных полос, поставляемых длиной в 5,5 м для сечений до 600 мм² и в 3,5 м для сечений свыше 600 мм², может производиться либо внахлестку, либо при помощи накладок болтами.

Концы перед обалчиванием должны быть тщательно очищены и пролужены. Само соединение должно быть плотным и прочным.

Таблица 4
Таблица диаметров болтов для соединения шин

Ширина медной шины в мм	Сила тока в а	Диаметры болтов в дюймах
20	100	3/16
25	200	3/8
40	360	1/2
60	600	5/8 или 2 болта по 3/8
80	1000	3/4 или 4 болта по 1/2
160	1200	7/8 или 6 болтов по 1/2

Болты должны обязательно быть с контргайками. Напряжение в месте контакта шин должно составлять около 5 кг/мм², плотность тока 0,3—0,5 а/мм².

При выборе болтов для соединения шин необходимо придерживаться данных, указанных в табл. 4.

Величина удельной плотности тока для голых шин зависит не только от поперечного сечения, но и от поверхности полос. Широкое и толстое полосы легче

охлаждаются и поэтому могут быть больше нагружены током, чем узкие и толстые, т. е. при одинаковых сечениях более широкие полосы допускают большую удельную плотность тока.

При применении нескольких полос промежутки между ними должны равняться двойной толщине полосы и во всяком случае быть не меньше толщины полосы.

При условиях, неблагоприятных для охлаждения шин, плотность тока должна быть соответственно снижена. Уменьшение удельной плотности тока на 10% дает уменьшение температуры нагрева шин примерно на 2° С.

Допустимые нагрузки голых медных шин различного сечения при повышении их температуры на 40° С представлены таблицами 5 и 6.

При общей длине шин в одну сторону не более 6—8 м, с учетом всех изгибов, шины вибрируют лишь по допустимой плотности тока, так как при расчете на падение напряжения требуется меньшее сечение шин. Если же расстояние больше 6—8 м, расчет необходимо вести в зависимости от падения напряжения, причем допустимое падение напряжения в сети должно составлять не больше 10% в обе стороны. При напряжении сети 12 в допустимое падение напряжения может быть и выше, однако при выборе его необходимо всегда производить сравнительный экономический подсчет первоначальных затрат на медь и постоянных потерь энергии.

Таблица 5

Основные характеристики наиболее употребительных плоских шин

Размеры шин в мм (ширина и толщина)	Сечение в мм ²	Медь		Алюминий	
		Вес 1 пог. метра в кг	Нагрузка (пост. ток) в а	Вес 1 пог. метра в кг	Нагрузка (пост. ток) в а
15 × 3	45	0,41	211	0,123	162
25 × 3	75	0,68	331	0,204	253
40 × 4	160	1,44	575	0,432	440
50 × 5	250	2,25	795	0,675	609
60 × 6	360	3,24	1000	0,972	795
2 (60 × 6)	720	—	1975	—	1510
3 (60 × 6)	1080	—	2915	—	2230
80 × 8	480	4,32	1360	1,296	1037
2 (80 × 8)	960	—	2685	—	1970
3 (80 × 8)	1440	—	3810	—	2900
4 (80 × 8)	1920	—	4965	—	3760
80 × 10	800	7,2	1760	2,16	1349
2 (80 × 10)	1600	—	3340	—	2560
3 (80 × 10)	2400	—	4930	—	3780
4 (80 × 10)	3200	—	6430	—	4920
100 × 6	600	5,4	1680	1,62	1240
2 (100 × 6)	1200	—	3190	—	2430
3 (100 × 6)	1800	—	4700	—	3580
4 (100 × 6)	2400	—	6130	—	4670
100 × 10	1000	9,0	2160	2,7	1654
2 (100 × 10)	2000	—	4100	—	3140
3 (100 × 10)	3000	—	6050	—	4640
4 (100 × 10)	4000	—	7885	—	6050

Таблица 6

Основные характеристики наиболее употребительных круглых медных шин

Диаметр в мм	Сечение в мм ²	Вес 1 погонного метра в кг	Нагрузка (пост. ток) в а
7	38,5	0,346	110
10	78,5	0,700	256
14	153,9	1,38	370
16	201,0	1,81	440
18	254,5	2,29	510
20	314,1	2,82	580

Ниже приводится таблица расчетных данных для шин при условии, что падение напряжения не превышает 10% в обе стороны и ванны работают при 6 в (табл. 7).

По приведенной таблице можно определить сечения шин при схеме соединений динамомашин—ванна для расстояния до 15 м. При больших расстояниях необходимо произвести расчет шин по падению напряжения и, пользуясь сортаментом медных шин, подобрать соответствующее сечение.

Необходимо иметь в виду, что с целью экономии меди надо избегать излишнего удаления диэлектрика от ванны. Исходя из этой предпосылки, надо считать, что расстояние в 15 м является уже достаточно большим.

При расчетах только на плотность тока необходимость экономии меди может привести к выбору нескольких полос и прокладок их на одном изоляторе при помощи соответствующих зажимов. Некоторое увеличение стоимости монтажных работ в этом случае компенсируется экономией меди, так как более тонкие полосы допускают большую удельную нагрузку.

При расчете сети, питающей одновременно несколько параллельно включенных ванн, расчет ведется обычными методами на постоянное сечение или постоянное падение напряжения при условии, что все гальванические ванны работают при одинаковом номинальном напряжении.

Таблица 7

Расчет сечений шин с проверкой на допустимую плотность тока

Максимальный ток сети в а	Расстояние в метрах в одну сторону	Сечение шин в мм ²		Принятое сечение	Примечания
		При расчете на падение напряжения 10% в обе стороны	Допускаемое по плотности тока		
2000	0—8,5	760	1000	1000	Подбор шин производится по сортаменту. Ниже указывается, какие шины подбираются в случаях несоответствия расчетных данных сортаменту
1500	0—7	615	800	600	
1000	0—6	350	360	360	
500	0—5,5	160	160	160	
2000	8,5—10	1170	1000	1200	2 (60 × 10)
1500	7—10	880	600	1000	
1000	6—10	585	360	600	
500	5,5—10	290	160	300	
2000	11	1290	1000	1440	60 × 5 3 (60 × 6)
1500	11	970	600	1000	
1000	11	650	360	720	2 (60 × 6) 60 × 5
500	11	320	160	300	
2000	11—13	1520	1000	1600	2 (60 × 10)
1500	11—13	1140	600	1200	
1000	11—13	760	360	800	
500	11—13	380	160	360 или 400	
2000	14	1640	1000	1600	2 (80 × 10) 2 (60 × 10)
1500	14	1230	600	1200	
1000	14	820	360	800	80 × 5 2 (100 × 10) 3 (80 × 6)
500	14	410	160	400	
2000	15	1750	1000	2000	
1500	15	1300	600	1440	
1000	15	880	360	1000	80 × 5
500	15	436	160	400	

Для тех ванн, которые допускают нормальную работу при напряжении, меньшем 6 в, как, например, для никелирования, мед-

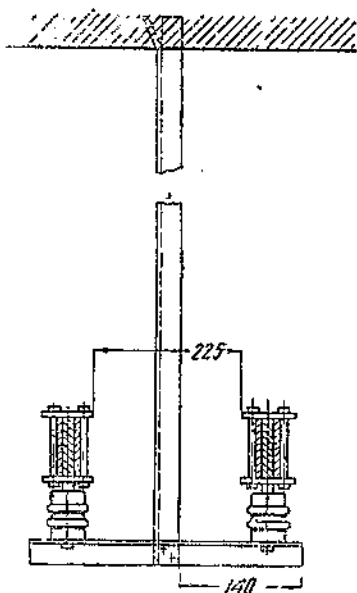
нения и других видов покрытий из цинкистых ванн, можно допустить падение напряжения в линии несколько больше 10%, причем в этом случае необходимо реостат для регулировки тока рассчитывать, исходя из действительного напряжения, которое будет на ванне. Точно так же в случае работы динамомашин на 12 в и потребном напряжении на ваннах 8—9 в имеется возможность допускать падение напряжения в шинах больше 10% и выбирать сечение шин только по плотности тока. Однако в этом случае мощность моторгенераторов используется не полностью. Кроме того, возрастают в значительной мере омические потери в линии, а значит увеличивается и расход электрической энергии. Поэтому выбор допускаемого падения напряжения в каждом отдельном случае должен производиться, как указывалось, после специальных экономических подсчетов.

При несложных по конфигурации и малоразветвленных сетях, какими обычно бывают сети гальванических цехов, расчет ведется на постоянную плотность тока или постоянное падение напряжения. Кроме того, часто общую конфигурацию сети гальванического цеха довольно легко свести к случаю разветвлений, рассчитываемых так называемым методом фиктивной длины.

Общий расход меди, определяемый при расчете шин на постоянное сечение и на постоянную плотность тока, почти одинаков. Однако по условиям монтажа часто бывает неудобно вводить в проводку шины различных сечений. В таких случаях прокладка магистралей производится шинами одинакового сечения, ответвления же к ваннам выполняют шинами меньшего сечения.

Подводка к шунтовым регуляторам должна быть рассчитана на падение напряжения с учетом максимального тока, потребного для возбуждения, который, например, для динамомашин 1000/500 а, 6/12 в достигает 15—20 а. Падение напряжения в этой сети не должно превышать 0,5—1%, иначе динамомашина не будет нормально возбуждаться.

При установке шунтовых регуляторов на большом расстоянии от динамомашин в зависимости от ее схемы возможно произвести включение их от шин, а второй провод вести к шунтовому регулятору от клеммной доски динамомашин.



Фиг. 29. Способ крепления шин на потолке при помощи подвесок из углового железа

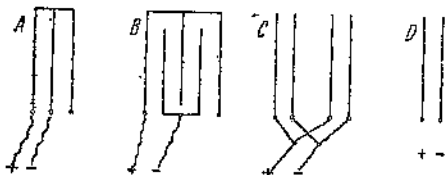
ПРОКЛАДКА ШТАНГ НА ВАННАХ

Штанги, служащие для крепления анодов и подвешивания катодов на самой ванне, должны рассчитываться по плотности тока и по механическим усилиям на прогиб, так как им приходится выдерживать значительные нагрузки от веса тяжелых анодов (например, свинцовые аноды при хромировании) и веса изделий, подлежащих гальваническим покрытиям.

Штанги делаются из красной меди, латуни или бронзы.

Для ванн хромирования и ванн различных покрытий стационарного типа применяются следующие системы штанг, схематически представленные на фиг. 30.

Система *A* представляет собой две медные штанги, положенные на борт ванны и соединенные между собой электрически с наружной торцевой стороны, причем вся система может быть выполнена из одного прутка с соответствующими изгибами и одной отрицательной штангой, укрепленной на торцевых сторонах ванны.



Фиг. 30. Системы штанг на ваннах

Подвод тока производится с одной стороны.

Система *B* состоит из трех положительных штанг и двух отрицательных, также соединенных электрически и укрепленных на бортах ванны.

Система *C* представляет собой положительную и отрицательную штанги, укрепленные на двух бортах, причем крепление на борту производится при помощи эбонитовых колодок, в которые вставлены обе штанги, или каким-либо другим способом; расстояние по горизонтали между штангами — 70 мм, а по вертикали — 40 мм.

Поперечные штанги с выточенными по конфигурации продольных штанг местами соединений лежат на них и таким образом контакт осуществляется путем нажатия от веса поперечных штанг и веса подвешенных на них электродов.

И, наконец, система *D* представляет собой две штанги, укрепленные также на борту, причем поперечные штанги опираются одной стороной на штангу (и в этом месте происходит контактирование), а вторая сторона, лежащая прямо на борту ванны, если ванна железная, изолируется резиновым или эбонитовым наколочником.

Наиболее сложна система *B*; она требует сравнительно большего числа контактных зажимов для соединения электрических штанг между собой. Наиболее простая, удовлетворяющая многим требованиям гальванического процесса система *C* применяется в практике наиболее часто. Система *B* часто применяется для широких ванн. Все же выбор той или иной системы контактирова-

ния определяется в каждом отдельном случае количеством, размером и конфигурацией деталей, которые необходимо покрывать в данной ванне.

При штангах, осуществленных по системе С, весь ток разветвляется на два направления и поэтому расчет их ведется по плотности (на силу тока, в 2 раза меньшую номинального рабочего тока ванны).

Силы тока, потребные для применяющихся типов гальванических ванн, представлены в табл. 8, пользуясь которой необходимо учесть следующее: 1) указанные силы тока приведены, исходя из условий допускаемой объемной плотности тока, при которой не наблюдается перегрева электролита от джоулевых потерь; 2) от этих данных возможно отклонение в сторону увеличения примерно до 30%.

Таблица 8

Потребные силы тока для гальванических ванн

Объем в л	Размеры ванн	Максимальный рабочий ток в а	
		Для ванн хромирования	Для ванн прочих покрытий
150	600 × 500 × 600	300	250
240	800 × 600 × 600	500	350
300	1000 × 600 × 600	750	400
500	1200 × 700 × 700	—	500
730	1500 × 750 × 750	1000	600
1000	1800 × 800 × 800	1500	750
1120	2000 × 800 × 800	2000	1000

Потребные минимальные диаметры медных штанг для ванн различных объемов выбирают по плотности тока (табл. 9).

Диаметры штанг для ванн

Таблица 9

Объем в л	Ванны хромирования		Ванны прочих гальванических покрытий	
	Рабочий ток в амперах на 1 штангу	Диаметр штанги из круглой меди в мм	Рабочий ток в амперах на 1 штангу	Диаметр штанги из круглой меди в мм
150	150	9	125	8
240	250	10	175	9
300	375	14	200	10
500	—	—	250	10
730	500	18	300	12
1000	750	22	375	14
1120	1000	25	500	18

Во многих случаях, если требуется механическая прочность, применяют штанги диаметром не менее 25 мм, хотя по плотности тока такие штанги следовало бы применять только для тока силой 1000 а.

Примерный расчет штанги на изгиб, для проверки ее механической прочности, может быть представлен в следующем виде.

Принятые данные: штанга на двух опорах, пролет 1 м. Нагрузка статическая — 20 кг; сила приложена по середине, т. е. принят наиболее тяжелый случай (при 5 свинцовых анодах $600 \times 100 \times 5$ — вес каждого около 4 кг).

Момент сопротивления круглой медной штанги диаметром 25 мм

$$W = 0,1 d^3 = 1,56 \text{ см}^3,$$

Пагибающий момент

$$M_{\text{изг.}} = \frac{Pl}{4} = \frac{20 \cdot 100}{4} = 500,$$

где P — нагрузка в кг, а l — длина плеча в см.

Получаемое напряжение для медной штанги

$$K = \frac{M}{W} = \frac{500}{1,56} = 320 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемое же напряжение для меди при нагрузке I рода — 400 кг/см². Следовательно, штанга изгибаться не будет.

В некоторых случаях, как это будет выяснено ниже, можно заменить штанги круглого сечения трубами из красной меди, причем эти трубы по прочности на изгиб не должны уступать штангам круглого сечения. Применение медных труб дает экономию в меди, особенно если взять трубы по допускаемой плотности тока и для увеличения механической прочности вставить в них железные стержни.

Ниже приводится таблица нагрузок труб из красной меди по допускаемой плотности тока (табл. 10).

Таблица 10

Допускаемые нагрузки труб из красной меди

Внешний диаметр в мм	Допустимый продолжительный ток при толщине стенки в мм						
	1	1,5	2	2,5	3	4	5
10	140	155	180	200	215	—	—
20	250	300	344	380	415	470	500
30	350	430	490	540	590	675	735
40	450	540	630	690	760	860	950
50	540	650	750	835	920	1040	1150
60	620	755	865	975	1060	1200	1340
70	700	835	990	1100	1200	1370	1520
80	785	955	1100	1230	1330	1530	1700
90	860	1050	1200	1350	1470	1690	1900
100	940	1140	1320	1460	1600	1850	2070

При замене медных штанг трубами из красной меди получаем для соответствующих ванн следующие размеры труб, выбранные по плотности тока (табл. 11).

Таблица 11

Размеры медных труб, применяемых в качестве штанг

Объем ванн в л	Для ванн хромирования			Для ванн прочих гальванических покрытий		
	Рабочий ток на штангу в а	Допустимый диаметр трубы и толщина стенки в мм	Вес 1 пог. метра в кг	Рабочий ток на штангу в а	Допустимый диаметр трубы и толщина стенки в мм	Вес 1 пог. метра в кг
150	150	10/1,5	0,482	125	10/1	0,308
240	250	20/1	0,587	175	20/1	0,587
300	375	30/1	0,867	200	20/1	0,587
500	—	—	—	250	20/1	0,587
730	500	40/1,5	1,741	300	30/1	0,867
1000	750	50/2	2,908	375	30/4,5	1,321
1120	1000	—	—	500	40/1,5	1,741

На практике, в связи с тем, что по механической прочности только трубы 40/1,5 имеют такой же момент сопротивления как штанги диаметром 25 мм, применяют лишь эти трубы при силе тока на штангу до 500 а; даже и в этом случае расход меди на штанги из труб по сравнению со штангами из круглой меди диаметром 25 мм (вес 1 пог. метра такой штанги равен 4,369 кг) будет в 2,5 раза меньше.

Поперек продольных трубчатых штанг так же, как и в случае штанг из круглой меди, можно класть поперечные штанги с выточеными по конфигурации трубы в местах касания контактами.

Поперечные штанги — съемные и их можно передвигать по бортам ванны. При расчете штанг ванны и автоматов необходимо учитывать характер подводки тока. Так, например, при весьма длинных штангах, особенно в автоматах, целесообразно с точки зрения уменьшения сечения штанг подвод тока осуществлять с двух сторон или даже в трех точках.

Все контакты между шинами и между шинами и штангами, а также между штангами и анодами должны быть весьма надежны. В процессе гальванических покрытий контакты играют большую роль и часто неуспешность покрытия является следствием плохих контактов; особенное значение это обстоятельство имеет при хромировании, потому что при включении динамометри на 6 в и потребном напряжении для хромирования около 6 в наличие плохих контактов создает такое падение напряжения, при котором процесс хромирования не может идти нормально.

Свинцовые аноды с примесью 4—6% сурьмы, применяемые при хромировании, в процессе работы покрываются слоем хромо-

вокислого свинца, который очень плохо проводит ток, так что работа ванны в конце концов, если не производить чистки анодов и не поддерживать контактов в хорошем состоянии, расстраивается.

При монтаже ванн хромирования особое внимание должно быть уделено изоляции токоподводящих штанг от корпуса ванны. Обычно ванны хромирования выполняются железными, причем стенки ванн для предохранения от воздействия электролита выкладываются рольным свинцом (вопрос о заменителях свинца для хромовых ванн в настоящее время еще в полной мере не решен).

Вообще разъедание железа в хромовой ванне незначительно. Но оно будет происходить интенсивно в случае включения тока на ванну и наличия электрической связи поверхности стенок ванны с одной из токоподводящих штанг. В этом случае между стенкой ванны и электродами будет происходить электрическое взаимодействие, в результате которого на одной из стенок будет откладываться хром, а другая стенка будет разъедаться.

Кроме того, если раствор проникнет под свинцовую обкладку, в случае ее неплотности, возможно образование гальванической пары железо-свинец, в которой железо будет служить анодом и быстро растворяться.

Электрическая связь корпуса ванны с одним из полюсов динамомашин может обуславливаться не только плохой изоляцией корпуса этой ванны от штанг. Такая связь может быть также при наличии в цепи динамомашин кроме ванн покрытия еще и ванны электролитического обезжиривания, у которой один из электродов включен на корпус, что иногда встречается у обезжиривающих ванн, и таким образом ванны соединены между собой электрически общей системой коммуникации и вентиляционной сетью.

Поэтому во всех случаях применения ванн электролитического обезжиривания более надежно не включать один из полюсов динамомашин (положительный или отрицательный — безразлично, так как все эти ванны снабжаются переключателями для изменения полярности) на корпус ванны, а применять завеску электродов в виде железных листов, изолированных от корпуса ванны.

Сказанное выше о применении штанг относится к ваннам среднего размера, в которых можно заешивать разнообразные детали, не превышающие по размеру габаритов ванн. Но в практике гальваностегических покрытий встречаются детали очень больших габаритов, иногда даже весом в несколько тонн. Подводка тока для покрытия таких деталей и их подвеска требуют уже специальных конструкций, так как потребный ток в этом случае может достигать нескольких тысяч ампер.

РЕГУЛИРОВКА ТОКА В ВАННАХ И РАСЧЕТ РЕОСТАТОВ

По ходу технологического процесса в гальванических цехах задаются определенными исходными данными плотности тока для покрытия тех или иных деталей. Выбираемая плотность тока должна быть в соответствии с температурой электролита, его составом, расстоянием между электродами и потребным напряжением.

При известной поверхности детали и при выбранной плотности тока определяют, какой суммарный ток должен быть на ванне или покрытии этой детали.

С точки зрения расхода электрической энергии процесс будет проходить наиболее экономично при наименьших возможных напряжениях. Однако напряжение, потребное для покрытия, зависит от суммы анодного и катодного потенциалов и от омического сопротивления электролита. Последовательное включение в цепь динамомашинна — ватна реостата для регулировки тока естественно приводит к омическим потерям, а следовательно, к увеличению расхода энергии на покрытие. Поэтому наиболее экономичным следовало бы считать процесс, в котором напряжение динамомашинны наиболее приближается к потребным напряжениям для гальванических процессов и регулируется при помощи шунтовых регуляторов.

Наблюдающиеся явления, когда при запуске деталей в ванну общий ток будет ниже подсчитанного заранее по принятой плотности тока, могут происходить по многим причинам, одной из которых может быть пониженное напряжение, подводимое к ванне. Причины такого пониженного напряжения могут объясняться потерями в сети, в контактах подводки, плохой электропроводностью раствора, большим расстоянием между электродами, плохим состоянием контактной поверхности (грязные, жирные, окисленные контакты) и т. п.

Если все эти явления устранены, тогда естественно допустить, что напряжение, даваемое динамомашинной, недостаточно и возникает вопрос о соответствующем повышении этого напряжения. Если же это невозможно осуществить, так как динамомашинна работает при предельном напряжении, тогда необходимо либо переключить динамомашинну на 12 в, если до этого работа велась при 6 в, либо поставить более мощную динамомашинну.

Таким образом, регулировка тока на ванне сводится к установлению такого напряжения в цепи, чтобы при данном сопротивлении ванны протекал потребный ток.

Основным условием хорошей работы низковольтной динамомашинны является максимальная отдача тока при различных напряжениях. Для низковольтных, самовозбуждающихся шунтовых динамомашин Ярославский завод гарантирует полную отдачу тока при понижении напряжения против нормального до 50%. Для динамомашин с отдельным возбудителем полная отдача тока должна происходить даже при более низком напряжении.

Из сказанного выше следует, что регулировку тока можно осуществить изменением режима в самой ванне, изменением напряжения динамомашинны и изменением напряжения в цепи ванны путем включения реостата. Режим ванны, как-то: состав электролита, температура и расстояние между электродами обычно заранее задаются и являются неизменными. Таким образом, регулировку тока можно производить либо изменением напряжения динамомашинны с помощью шунтового регулятора, в случае, если динамомашинна работает на одну ванну, либо реостатом, установленным в цепи ванны, в случае, если динамомашинна работает на несколько ванн.

Принятые в электротехнической практике регулировочные реостаты различаются по типам ступенчатых переключателей. Имеются следующие виды ступенчатых переключателей: 1) плоские, в которых ряд неподвижных контактов расположен в одной плоскости и переключение ступеней производится перемещением по ним подвижного контакта; 2) барабанные, в которых неподвижные контакты расположены на цилиндрической поверхности, и переключение производится скользящим по ним подвижным контактом; 3) валшковые, в которых контактная поверхность представляет собой цилиндрический подвижной валшк, а неподвижные контакты состоят из нескольких пальцев, которые скользят по соответствующим сегментам валика.

В гальванической практике применяются реостаты преимущественно с плоскими ступенчатыми переключателями.

Большое распространение, кроме того, получили реостаты, которые конструируются из самых простейших элементов электротехнического оборудования — рубильников, монтируемых на специальных мраморных панелях; элементы сопротивления в этом случае монтируются сзади щита. Такого типа реостаты появились впервые в американской практике, а в настоящее время получили значительное распространение и в Советском Союзе.

Реостаты для регулировки тока включаются последовательно в цепь ванны, причем в некоторых случаях для более точной регулировки к этим реостатам параллельно подключают еще движковые реостаты, рассчитанные на небольшой ток.

Конструкцию регулировочных реостатов в значительной степени определяет сила тока, необходимая для ванны. При большой силе тока в несколько сот ампер устанавливают реостат с параллельными секциями, и таким образом отдельные спирали реостатов можно рассчитывать только на часть тока, идущего в ванну.

Электрический расчет реостатов производится в зависимости от следующих факторов: 1) напряжения, потребного для технологического процесса, 2) максимального рабочего тока ванны и 3) ступеней регулировки, принятых для данного процесса.

Поскольку реостат включается в цепь ванны последовательно, необходимо при расчете полного сопротивления его учесть как сопротивление самого реостата, так и сопротивление ванны.

Разнообразие гальваностегических процессов, рецептов ванн и специальных технологических условий, как-то: плотности тока,

температуры нагрева электролитов, расстояния между электродами, перемагнивания и др. чрезвычайно затрудняют как стандартизацию потребных для различных видов покрытий напряжений, так и определение внутреннего сопротивления ванн, а, следовательно, и расчет реостатов.

Требуемая плотность тока при постоянно меняющейся загрузке ванны при известных условиях поддерживается автоматически, иными словами, при уменьшении загрузки ванны загрузка динамомашин также автоматически уменьшается. Однако это имеет место лишь при условии, что расстояние между электродами, температура электролита, фактор перемагнивания, так же, как и все технологические условия, постоянны. При этом условии рабочий ток ванны при уменьшении загрузки также уменьшается и, следовательно, плотность тока остается постоянной.

Напряжение, которое подводится к штангам ванн, должно преодолеть омическое сопротивление электролита и разность потенциалов анода E_a и катода E_k . В общем виде это положение можно выразить следующим уравнением:

$$v = ir + E_a - (-E_k);$$

при этом необходимо иметь в виду, что в составляющей ir (омическое сопротивление ванны) r зависит от удельной электропроводности электролита K , расстояния между анодом и катодом l , столба электролита, заключенного между электродами, с поверхностью S и выражается соотношением

$$r = \frac{l}{KS}.$$

Расчет реостатов необходимо вести на полное рабочее напряжение ванны, за вычетом омического падения напряжения в электролите, которое должно быть заранее определено в зависимости от расстояния между электродами и электропроводности раствора.

При расчете реостатов, включенных в цепь колоколов и барабанов, необходимо учитывать, что потребное напряжение для них должно быть вследствие наличия подвижных контактов и переходного сопротивления соответственно выше.

При конструировании реостатов, состоящих из 6 отдельных рубильников с определенным номинальным для каждого рубильника током, ступени регулировки могут составить до 40 комбинаций, что вполне достаточно для технологического процесса. Таким образом, например, при наличии 6 рубильников в реостатах на 50 а с отдельными спиралями на 2, 3, 5, 10, 15 и 15 а возможны 30 комбинаций при включении различных рубильников. В реостатах на 1000 а со ступенями в каждом рубильнике соответственно в 25, 50, 100, 200, 300 и 300 а можно получить 40 комбинаций.

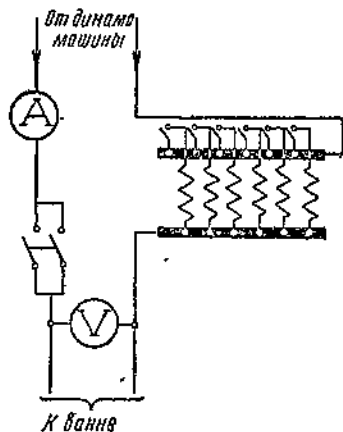
Ввиду того что электролит является проводником II рода и электропроводность его зависит от числа и природы находящихся в нем ионов, определение удельной или эквивалентной электропроводности представляет ряд затруднений и должно проводиться для различных электролитов каждый раз в отдельности.

Из изложенного видно, что точный расчет реостата может быть произведен после того, как электролит составлен и ванна залита — при условии, что известны следующие данные:

- 1) наивысшее и наименьшее значения тока в ванне,
- 2) зависимость потребного напряжения от плотности тока,
- 3) омическое сопротивление самой ванны.

Кроме того, должны быть известны необходимые ступени регулировки, потребные для данного гальванического процесса.

Если получение необходимых данных для точного расчета реостатов представляет затруднения, то рассчитывают реостат ориентировочно на напряжение, составляющее примерно 50% рабочего напряжения ванны. При этом необходимо иметь в виду, что включение реостата будет оказывать тем большее влияние на регулировку тока ванны, чем выше будет его сопротивление по сравнению с омическим сопротивлением ванны.



Фиг. 31. Схема включения реостата рубильникового типа

Как уже указывалось, в настоящее время широко применяются реостаты рубильникового типа. Они состоят из параллельных секций, включенных последовательно в цепь ванны. Отдельные параллельные секции (спирали) включаются на общую сборную шину, к которой присоединены отдельные контакты рубильников. Вторые контакты рубильников включаются на спирали. Спирали крепятся на болтах; причем в случае, если имеется несколько параллельных спиралей для данной секции реостата, они крепятся на удлиненных болтах при помощи медных втулок, зажимаемых гайкой.

Схема включений такого реостата показана на фиг. 31.

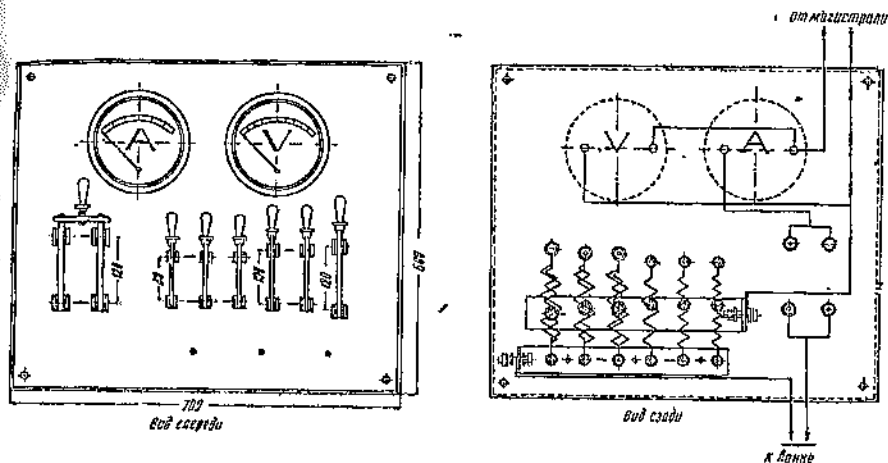
Медные полосы, к которым крепятся контакты спиралей и рубильников, выбираются по соответствующему току, причем берется ближайший больший стандарт. Все присоединения проводов и спиралей осуществляются сзади.

Включением каждого рубильника реостата увеличивается ток в ванне, причем максимальный ток будет наблюдаться при включении всех рубильников. Ступени регулировки обычно выбираются так, что первая спираль рассчитывается на малую силу тока 5—10 а, вторая на 15—20 а и т. д.; сумма токов всех спиралей определяет максимальную нагрузку ванны.

Наибольшая сила тока, на которую можно рассчитать спираль, исходя из конструктивных и расчетных условий, составляет 100—200 а. Если сила тока равняется указанной величине или превышает ее, то обычно устанавливают на один рубильник несколько параллельно включенных спиралей, причем их количество определяется максимально допустимой удельной плотностью

тока, которая может быть принята для данного сорта и диаметра проволоки. Эти данные можно найти в специальных таблицах удельной нагрузки проволоки сопротивления.

Иногда предусматривают возможность переключения шин, на которые включаются спирали, для чего устанавливают специальный рубильник. Тогда в случае необходимости можно простым включением этого рубильника переключать включенный последовательно в цепь ванны реостат, допуская в этом случае регулировку ванны при помощи шунтового регулятора динамомашинны.



Фиг. 32. Общий вид щита с рубильниковым реостатом на 400 а

Самый расчет реостата при принятом напряжении, на которое он должен быть рассчитан, и принятых ступенях регулировки не представляет особых затруднений. Пользуясь таблицей удельных нагрузок для различных диаметров проволоки сопротивления, выбирает соответствующие диаметры для различных ступеней и затем определяют длину проволоки, из которой должна быть выполнена спираль.

Удобство реостатов описываемого типа заключается в том, что они монтируются на мраморной панели; при этом однополюсные рубильники в количестве 6 штук, так же как и общий рубильник для выключения ванны, устанавливаются на лицевой стороне щита; там же устанавливаются вольтметр и амперметр. Спираль включается сзади щита на специальные шпильки. Таким образом, все управление ванны так же как и регулировка ее, сосредоточиваются на одной мраморной панели, которая устанавливается непосредственно у борта ванны.

Общий вид такого щита представлен на фиг. 32.

Кроме указанных реостатов, в гальванических цехах также применяются реостаты типа коммутационных с вращающимися щеточными контактами, а также реостаты кнопочного типа. Установка этих реостатов осуществляется либо под щитами ванн, либо

около ванны. Принципы их расчета, так же как и схема параллельного включения, в основном таковы же как у реостатов рубильникового типа, с параллельными секциями.

Для небольшой силы тока (до 25—30 а) применяют движковые реостаты. Расчет сопротивления такого реостата, включенного в цепь ванны с сопротивлением R_0 и напряжением сети E , производится в зависимости от максимального и минимального тока.

Исходя из принятых обозначений, можно написать следующие равенства:

$$I_{\max} = \frac{E}{R_0};$$

$$I_{\min} = \frac{E}{R_0 + r},$$

где $I_{\max}$ — максимальный ток,
 $I_{\min}$ — минимальный ток,
 r — сопротивление реостата;

тогда

$$r = \frac{E - I_{\min} R_0}{I_{\min}} = \frac{E \cdot I_{\max} - E \cdot I_{\min}}{I_{\min} \cdot I_{\max}} = \frac{E (I_{\max} - I_{\min})}{I_{\min} \cdot I_{\max}}.$$

Пользуясь этим равенством и зная максимальное и минимальное значения тока, а также напряжение сети, легко определить сопротивление реостата. Дальнейший расчет длины и диаметра проволоки для движкового реостата осуществляется, как и в случае, приведенном выше.

ГЛАВА VII

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

Качество гальванических покрытий в первую очередь определяется правильно поставленным технологическим процессом, и поэтому требуется точное ведение его и постоянный контроль.

Существующие методы определения толщины покрытий не всегда точны и удобны для применения их в заводских условиях. Испытания на коррозию длительны и также не могут заменить постоянного контроля толщины покрытий. Поэтому для правильного выполнения поставленных задач необходимо, помимо быстрого анализа и контроля ванн, тщательное и точное ведение самого технологического процесса, наблюдение и проверка действительного времени пребывания деталей в ванне и фактической плотности тока.

При правильной организации производства заранее определяют рабочий ток для определенных загрузок ванн. Правильной регулировкой напряжения достигают в ванне указанной величины тока и поддерживают его во все время работы ванны постоянным.

Контроль плотности тока осуществляется специальными измерителями плотности тока.

Эти измерения можно также осуществлять при помощи амперметра, если известна поверхность загрузки деталей в ванне.

Этот элементарный подсчет плотности тока, наблюдающейся в гальванических ваннах, является самым простым и общедоступным. Что же касается колоколов и барабанов, то подсчет поверхности деталей, подвергающихся покрытию, представляет известные трудности и устанавливается обычно опытным путем.

Для непосредственного определения плотности тока на некоторых заводах применяют приборы, состоящие из электрода с калиброванной поверхностью и амперметров, включенных в цепь этих электродов. Электроды заведываются катодно в ванны, плотность тока которых хотят измерить; второй конец этой, вводимой в ванны цепи, включается на анод. Плотность тока определяется непосредственным отсчетом показания прибора, градуированного в амперах на квадратный дециметр. Неудобства пользования указанным прибором заключаются в том, что необходимо каждый раз производить его включение на штанги.

Фирмой Пфангаузер сконструирован прибор «Stromdichtemesser», отличающийся от описанного выше тем, что пользование им не требует включения на электроды ванны. Прибор этот весьма портативен, способ обращения с ним прост. Прибор вводится в ванну между электродами и по его показаниям определяют действительную плотность тока. Амперметр прибора отградуирован таким образом, что помимо плотности тока, по верхней шкале его можно непосредственно определить время экспозиции для определенной толщины покрытия.

Общий вид этого прибора представлен на фиг. 33.

Прибор этот состоит из двух дисков, расположенных параллельно друг другу, заключенных в оправу из пластмассы, и длинного полого внутри стержня, выполненного также из пластмассы. Внутри стержня проложены проводники, включенные на диски и соединенные с амперметром, расположенным на конце стержня.

Непосредственно у амперметра помещены своего рода указатели, определяющие правильное направление вращения стрелок прибора и регулирующее расстояние между электродами. Поверхность каждого электрода равна $0,5 \text{ дм}^2$.

Прибор, вводимый в электролит ванны между электродами, как бы пунтирует ее силовое поле, а амперметр показывает ток, соответствующий поверхности пунта в 1 дм^2 , т. е. плотность тока.

Фирма Пфангаузер выпускает 11 типов измерителей для различных ванн при соответственных плотностях тока от 1 до 20 а/дм^2 . Однако вследствие этого указанные измерители и не нашли широкого применения.

В качестве стационарных измерительных приборов в гальванических цехах применяются магнитоэлектрические приборы для постоянного тока — вольтметры и амперметры (с постоянными



Фиг. 33.
Измеритель
плотности
тока

магнитами и вращающейся катушкой); они состоят из неподвижного постоянного магнита и одной или нескольких подвижных катушек, отклоняющихся под действием проходящего по ним тока. Эти приборы применимы только для измерения постоянного тока; они имеют равномерную шкалу и дают наибольшую точность показаний.

Применяемые в практике щитовые технические приборы типа МН и ММ изготавливаются с диаметром цоколя в 135 и 185 мм. Вольтметры выпускаются на 15 и 25 в с ценой деления шкалы 0,5 в. Амперметры до 100 а изготавливаются без наружного шунта, а от 150 до 3000 а — с наружным шунтом; амперметры на 4000 и 5000 а имеют 2 наружных шунта. Цена одного деления шкалы приборов для соответствующих токов представляется следующей таблицей (табл. 12).

Таблица 12

Пределы показаний амперметра в а	Цена одного деления в а	Пределы показаний амперметра в а	Цена одного деления в а	Пределы показаний амперметра в а	Цена одного деления в а
30	0,5	200	5,0	1500	20,0
50	1,0	300	5,0	2000	50,0
75	1,0	500	10,0	3000	50,0
100	2,0	750	10,0	4000	100,0
150	2,0	1000	20,0	5000	100,0

Пределы точности показаний этих приборов соответствуют техническим условиям и ГОСТ 5236 для магнитоэлектрических щитовых технических приборов II класса точности. Наибольшая допускаемая погрешность $\pm 1\%$.

При определении плотности тока необходимо учитывать ток, идущий через неизолированные части подвесок, в которых детали помещаются в ванны. Когда подвески имеют большую неизолированную поверхность, погружаемую в ванны, ток, идущий на подвески, составляет от 10 до 20% общей нагрузки ванны.

Для того чтобы обеспечить правильные показания амперметра, необходимо следить за тем, чтобы отдельные цепи, силу тока в которых необходимо измерять, не имели каких-либо параллельных ответвлений. Это обстоятельство может иметь место, если один из полюсов динамомашинны вследствие плохой изоляции или намеренно замыкается на корпус ванны. В этом случае может возникнуть параллельная цепь вследствие соединения корпусов различных ванн между собой посредством воздухопроводов и трубопроводов. При этом параллельная цепь тока будет иметь место через корпус и электролит другой ванны и один из ее электродов, включенных на ту же самую динамомашину, на которую включены электроды первой ванны. Естественно, что в этих условиях показания амперметра первой ванны будут искажены.

В эксплуатационных условиях должен быть налажен строгий

контроль приборов, причем, периодически, один раз в течение 6 месяцев, приборы должны проверяться.

Помимо непосредственного контроля технологического процесса, обязательно также должен быть налажен учет электрической энергии, расходуемой в цехе для производственных целей. Этот учет имеет весьма важное значение при калькуляции себестоимости покрытий.

Обычно расход энергии учитывается на стороне переменного тока на фидере подстанции или специальными счетчиками ампер-часов.

В случае отсутствия такого учета достаточно просто его наладить по показаниям амперметров, установленных в цепи динамомашинны, и по журнальным записям времени работы отдельных динамомашин или ванн.

Расход энергии для гальванических процессов может быть рассчитан в этом случае по следующей формуле:

$$kWh = \frac{V \epsilon i t}{1000 \eta_1 \eta_2},$$

где V — среднее рабочее напряжение во время процесса;

ϵi — средний суммарный рабочий ток;

t — время работы динамомашинны в часах;

η_1 — к.п.д. динамомашинны и

η_2 — к.п.д. мотора.

Значения произведения $\eta_1 \eta_2$, характеризующего общий коэффициент полезного действия моторгенераторов, приведены для разных типов моторгенераторов в таблице технических данных.

Легко установить, что этот подсчет энергии, идущей для гальванических процессов, может быть произведен по журнальным записям работы моторгенератора, на основании которых можно установить среднюю суммарную его нагрузку в течение рабочего периода.

В случае отсутствия этих данных подсчет расхода электрической энергии может быть произведен с некоторой долей приближения, если ввести коэффициент загрузки динамомашинны, соответствующий отношению: средний суммарный рабочий ток ванны, питающийся от этой динамомашинны, к номинальной силе тока динамомашинны. Коэффициент загрузки динамомашинны в гальванических цехах в среднем равен 0,7—0,9. Что касается времени использования динамомашин, то этот коэффициент, зависящий от принятой схемы питания ванны, почти равен единице и будет тем выше, чем большее количество ванны включено на одну динамомашинну. Наименьшее значение этого коэффициента будет в том случае, когда динамомашинна работает на одну ванну. В этом случае коэффициент использования динамомашин целиком зависит от времени экспозиции деталей в ваннах и времени, потребного на загрузку и выгрузку деталей.

Обычно время, идущее на загрузку и выгрузку деталей, в среднем составляет от 5 до 25% рабочего времени и будет тем выше, чем меньше время экспозиции деталей в ванне; таким обра-

зом коэффициент использования динамомашин составляет от 0,75 до 0,9.

Пользуясь указанными коэффициентами, можно с достаточной степенью точности при отсутствии журнальных записей подсчитать расход энергии, идущей на гальванический процесс.

Так как колебание общего коэффициента полезного действия моторгенераторов в зависимости от изменения нагрузки очень незначительно, то при этих подсчетах изменениями значения произведения $\eta_1 \eta_2$ в зависимости от нагрузки можно пренебречь.

Помимо расхода электрической энергии, идущей непосредственно на гальванические процессы, необходимо также учитывать расход энергии на вентиляцию цеха, полировочные и крацовочные станки, воздуходувки, центрофуги для сушки деталей, моторы при механизированном гальваническом оборудовании, электрический нагрев и освещение.

При большом разнообразии гальванических цехов, резко различающихся как объемом производства, так и типом оборудования и видами покрытий, трудно дать какие-либо нормативы для удельного расхода электрической энергии на единицу покрытий.

Необходимо отметить, что из сопоставления различных сметных калькуляций по хромированию можно установить, что стоимость энергетика (в том числе вода и пар) на единицу покрытия составляет 30—50 % общей стоимости покрытия.

Для других видов покрытий (особенно при холодных ваннах) эта составляющая в общей стоимости покрытий будет значительно ниже.

Общий расход электрической энергии на вентиляцию и моторную нагрузку составляет в среднем для небольших цехов от 80 до 90 %, расхода энергии на основной технологический процесс и до 30—35 % для цехов большой мощности.

ГЛАВА VIII

КОНТАКТИРОВАНИЕ

Контактные соединения в гальванических цехах являются чрезвычайно важным фактором, определяющим успех работы цеха.

При рассмотрении вопроса о контактах необходимо указать, что в гальванических цехах помимо стационарных ванн, где вопросы контактирования в условиях неподвижного крепления электродов решаются довольно просто, применяются еще автоматы для покрытий, в которых один из электродов находится постоянно в движении. При этом контактирование его может решаться различными методами: при помощи контакта трения или при помощи контакта качения, в зависимости от конструктивных условий. Расчет этих контактов вызывает затруднения вследствие недостаточной проработки общих вопросов контактирования. В настоящее время отсутствуют вполне определенные данные о факторах, влияющих на сопротивление контакта.

Существует точка зрения на природу контакта, наиболее полно развитая Чельчиным. Согласно этой точке зрения контакт осуществляется в виде касания двух проводников в одной физической точке, причем сопротивление контакта или переходное сопротивление определяется сопротивлением выступов на контактных поверхностях. Вследствие наличия этих выступов сопротивление контакта будет значительно больше, чем если бы касание происходило по всей поверхности.

Согласно другой точке зрения линиям тока, при подходе к точкам касания приходится суживаться, вследствие чего и сопротивление прохождению тока увеличивается. Таким образом, сопротивление контакта обуславливается уменьшением действительной площади сечения, по которому проходит ток, и удлинением путей тока.

В результате представления о контакте, как о физической точке касания двух металлов, приходят к формуле сопротивления контакта, в которую величина размеров контактной поверхности не входит, поскольку величина площади касания прямо пропорциональна давлению на контакт и обратно пропорциональна механической прочности материала контакта, работающего на смятие.

Так как на величину сопротивления контактов влияет значительное количество факторов, в том числе и сопротивление самого металла проводников, между которыми осуществляется контакт, то переходное сопротивление непосредственно измерить очень трудно и вследствие этого подсчет его также представляет затруднение.

На сопротивление контактов в значительной степени влияет состояние контактной поверхности. Увеличение сопротивления контактов вследствие окисления их поверхности, находящейся в воздухе, достигает большой величины. Достаточно сказать, что, согласно целому ряду исследований, сопротивление контактов в результате окисления увеличивается в несколько тысяч раз. Большое значение имеет подбор материала контактов. Точно так же сопротивление контакта зависит от величины давления, а также от температуры контактной поверхности.

Все эти соображения заставляют подходить к выбору и расчету контактов с большой осторожностью, производя, где это возможно, проверку их работы экспериментальным путем.

При обычных способах гальваностегических покрытий деталь, подлежащая покрытию, завешивается в ванну и электрически присоединяется к катоду. В большинстве случаев деталь непосредственно завешивается на катодную штангу и, таким образом, контакт осуществляется путем непосредственного касания крючка, на котором завешивается покрываемая деталь, со штангой. Для некоторых видов покрытий, как например хромирование, непосредственного касания часто бывает недостаточно и необходимо осуществлять контакт при помощи зажимного приспособления (болта, винта или барашка).

При наличии мелких деталей применяют при завешивании специальные приспособления в виде рамок, осуществляющие пе-

передачу тока со шпанта на детали. Формы этих рамок не должны препятствовать нормальному покрытию изделий.

При известных конфигурациях деталей, в случае, например, наличия острых выступающих частей, выпуклостей и т. п., применяют так называемые «защитные катоды». Вообще техника заведывания деталей в ванне и расположение анодов, а также геометрия частей поверхности деталей, не подлежащих покрытию, дает очень много разнообразных и остроумных решений.

Основные условия хорошей работы контакта следующие:

- 1) правильно выбранное сечение или площадь контакта,
- 2) правильно выбранное сечение подводящих ток проводов или деталей,
- 3) чистота поверхности касания и
- 4) плотное соприкосновение контакта по всей поверхности касания.

При соблюдении всех этих условий, а также чистоте самих электродов, в значительной степени гарантируется успех покрытия.

Затруднения при передаче тока на деталь, заведенную в ванне, возникают в случае необходимости передать очень большой ток в несколько сот и даже тысяч ампер, причем эта сложность увеличивается еще в большей степени, если деталь по условиям технологического процесса приводится во вращение или колебательное движение.

Конструктивно передача большого тока к неподвижным деталям и анодам достигается тем, что положительные и отрицательные шины, сечение которых доходит иногда до нескольких тысяч квадратных миллиметров, при помощи болтов, втулок или обойм надежно присоединяются к анодам и раме, на которой установлена деталь; при этом все части детали, не находящиеся непосредственно под током, будучи погруженными в ванну, должны быть соответствующим образом предохранены от электролитического действия.

При вращении деталей или анодов применяются два способа контактирования:

- 1) передача тока через подшипник, вкладыши и вал,
- 2) контактирование при помощи колец и щеток.

Первый способ менее надежен, чем второй. Объясняется это тем, что при первом способе в передаче тока участвуют металлы с большим удельным сопротивлением, как железо, сталь, чугун, а также тем, что наличие смазки в подшипниках создает прерывистый контакт. Если же подшипник погружен в электролит, то условием надежности контакта будет тщательная припайка и полировка вкладыша по валу.

В некоторых специфических случаях применяется контактирование при помощи медных роликов и ртутных коробок. Это, например, имеет место в агрегатах цинкования проволоки.

Ниже приводится таблица (табл. 13) допускаемых нагрузок в случае подводки тока по латунным и железным конструкциям (эти данные — результат экстраполирования отдельных значений, полученных опытным путем).

В случае передачи тока через медные болты придерживаются следующих значений для удельной плотности тока: 1,4—1,6 а/мм² для болтов диаметром от 8 до 65 мм. В табл. 14 указывается нагрузка в амперах при постоянном токе в случае применения ходовых размеров медных и латунных болтов.

Таблица 13

Допускаемые нагрузки железных и латунных конструкций (при постоянном токе)

Сечение мм ²	Допустимый ток в а	
	для железа	для латуни
45	85	116
75	138	169
100	242	332
250	395	460
300	455	625
480	570	785
600	700	965
800	750	1030
1000	900	1240

Таблица 14

Допускаемые нагрузки медных и латунных болтов (при постоянном токе)

Диаметр болтов в мм	Продолжительная нагрузка в а	Кратковременная нагрузка в а
Латунь {	4,5	25
	6,0	60
	8,0	100
Медь {	10	210
	14	350
	20	600

Для передачи больших токов при помощи подвижных контактов контакт расщепляется на отдельные пружинящие пластины, чтобы обеспечить большее прилегание по поверхности. Такие пластинчатые щетки привертываются под углом 30° к контактной поверхности, причем в нажатом состоянии этот угол уменьшается до 25°.

В табл. 15 приводятся допустимые значения плотности тока в плоскости соприкосновения и в сечении самой щетки для слоистых подвижных контактов при продолжительной нагрузке.

Таблица 15

Допускаемые удельные плотности тока для слоистых подвижных контактов (при постоянном токе)

Плотность тока в а/мм ² : в месте контакта . . в сечении щетки . .	При ширине щетки в мм					
	10	15	20	25	30	35
	0,6 1,3	0,55 1,1	0,5 1,0	0,47 0,94	0,45 0,9	0,37 0,74

С увеличением ширины щетки плотности тока значительно падает.

В табл. 16 приведены допускаемые нагрузки в амперах для сплошных контактов. Нетрудно увидеть, что они значительно ниже, чем для слоистых контактов.

Конструкции щеткодержателей и материал щеток при передаче тока на вращающиеся части зависят от максимальной силы

тока в контактной поверхности. Обычно для контактирования применяют щеткодержатели такой же формы, как и в динамо-строении. Что же касается материала самих щеток, то они должны быть меднографитные, металлические или медносетчатые.

Таблица 16

Допускаемые нагрузки током сплошных контактов

Род нагрузки	Круглые контакты			Тrapeцевидные контакты					
	Диаметр в мм			Длина 25 мм			Длина 35 мм		
				Средняя ширина в мм			Средняя ширина в мм		
	8	10	12	8	12	22	18	12	20
Продолжительная в а. . .	20	30	45	45	60	90	60	90	120
Кратковременная в а. . .	35	50	75	75	100	150	100	150	200

Допустимая плотность тока для меднографитных щеток марки МГ составляет 35 а/см², для медных щеток — 40 а/см². Нажим щетки на кольцо обычно составляет 150—200 г/см².

Все встречающиеся в практике гальваностегии случаи контактирования как при помощи непосредственного зацепивания деталей на штанги, так и контактирование по типу рубящих выключателей, слоистых и сплошных контактов и путем непосредственного касания плоскостей передающих ток деталей должны подчиняться тем же основным требованиям, которые положены в основу расчета обычных выключающих приспособлений.

Соображения о взглядах на контактирование, имеющиеся в технической литературе, изложенные выше, дают представление о сложности самого явления и в соответствии с этим о трудности расчета контактных поверхностей. Выводы некоторых авторов (Чельчин, Хольм) не дают возможности практически при помощи простых методов производить эти расчеты. Другие авторы (проф. Третьяк и инж. Лысов) дают следующие значения для сопротивления некоторых контактов, выведенные на основании опытов Чельчин.

а) Плоскость — плоскость (контактные поверхности зачищены наждачным полотном)

$$R = \frac{0,9 \cdot 10^{-4}}{P}$$

б) Многопластинчатая щетка — плоскость (число пластин 120)

$$R = \frac{1,36 \cdot 10^{-4}}{P}$$

В этих уравнениях выражена зависимость сопротивления контакта R от давления в месте контакта P в кг.

На основании целого ряда опытов при расчете контактов выключающих аппаратов пришли к выводу о пригодности следующего приближенного закона, вытекающего из поверхностей контактов и давлений:

$$R = \frac{K}{Fp} = \frac{K}{P};$$

где K — постоянная, зависящая от материала и обработки контакта,

F — поверхность сопротивления в см^2 ,

p — давление в кг/см^2 ,

P — общее давление в кг на контакт

Этот закон справедлив в известных пределах. Для щеточных контактов он справедлив только до тех пор, пока каждая пластина прижата всей своей поверхностью соприкосновения. Если давление увеличивать, то угол наклона каждой пластины и всей щетки уменьшится и поверхность соприкосновения тоже уменьшается. При этом переходное сопротивление возрастает.

Значение коэффициента K дается в следующей экспериментальной таблице (табл. 17).

Значения постоянной K

Таблица 17

Материал	Свойство поверхностей	K в ом на кг	
		Плоские контакты	Щеточные контакты
Медь на медь	Чистые, сухие	$0,36 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$
" " "	Жирные, несколько окисленные	$0,74 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Луженая медь на нелуженую	Сухие	$0,4 \cdot 10^{-3}$	—
Луженая медь на луженую	Сухие	$0,1 \cdot 10^{-3}$	—
Луженая медь на луженую	Несколько окисленные	$0,3 \cdot 10^{-3}$	—

Как видно из таблицы, состояние контактной поверхности играет значительную роль. При грязных или окисленных контактах переходное сопротивление значительно повышается. А так как с течением времени контакты всегда окисляются, то расчет переходного сопротивления всегда ведется с учетом трехкратного повышения приводимых выше значений K .

Самое малое переходное сопротивление будет между медью и латунью.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАГРЕВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАНН

Для электрического нагрева ванны требуется сравнительно большая установленная мощность нагревателей. Так, например, если для самого технологического процесса достаточна мощность всего в несколько киловатт, то установленная мощность электрических нагревателей для нескольких ванн может составить 100—150 кВт; поэтому нагреватели включаются в трехфазную силовую сеть. В соответствии с этим число нагревателей, помещаемых для нагрева ванны, обычно кратно трем.

Конструкции ванн с электронагревателями более усложнены и требуют большей тщательности в изготовлении, чем ванны с паровым нагревом.

Обычно паровой нагрев осуществляется при помощи змеевиков, помещенных непосредственно в ванны. Если же электродит, находящийся в ванне, может химически воздействовать на материал змеевиков, то ванна снабжается водяной рубашкой, в которую и пропускается пар для нагрева. Таким образом, например, осуществляются ванны хромирования с паровым нагревом.

Электрические нагреватели устраиваются в виде трубчатых элементов, вваренных в корпус ванны или помещенных под дно ванны в водяной рубашке, которая одевается на корпус ванны. Заграничная фирма Пфангаузер осуществляет нагрев посредством трубчатых нагревателей, подвешиваемых с бортов непосредственно в ваннах.

Ванны горячей воды и ванны со щелочью для обезжиривания деталей допускают помещенные нагреватели в дне ванны, причем нагреватели вставляются в трубы, вваренные в стенки ванны.

Если нагрев гальванических ванн, принимая во внимание также необходимость быстрого подогрева перед началом работ, требует большой мощности, то на поддержание температуры при условии хорошей теплоизоляции стенок ванны требуется очень незначительная мощность. Это объясняется тем, что известная часть электрической энергии постоянного тока в виде джаулевых потерь выделяется в ванне при гальваническом покрытии.

О влиянии индуктивных зарядов в ваннах хромирования при нагреве переменным током один из специалистов в статье, посвященной нагреву (Баретт, журнал «Zeitschrift für Metallkunde», том 12, 1932 г.), говорит: «где бы ни были помещены нагреватели — внутри ванны, выложенной стеклянными пластинками, или вне ванны, в особом резервуаре, окружающем ее, — ванна получает постоянно меняющиеся индуктивные заряды, причем достаточно кратковременной анодной поляризации, чтобы причинить значительное разъедание железа ванны. Поэтому применение электрических нагревателей с переменным током безусловно не рекомендуется». Однако такое абсолютное утверждение в нашей практике не нашло подтверждения ввиду того, что еще недостаточно изучен опыт работы ванн хромирования с электронагревом.

Конструкции нагревателей, принятых в практике, различаются на нагреватели, помещаемые непосредственно в ванну, и нагреватели, помещаемые под ванной в водяной рубашке. Как в том, так и в другом случае конструкция самих нагревателей остается одинаковой, но меняется способ размещения их в ваннах.

Обычно для быстрого нагрева ванны перед работой (в течение примерно 1 часа) применяются 6 трубчатых нагревателей для ванны среднего объема, а для ванны небольшого объема (150 л) — три нагревателя.

Конструкция железных ванны с непосредственным размещением нагревателей на дне состоит из двух стенок, снабженных теплоизолирующей засыпкой. Наружные трубы электронагревателей ввариваются во внутренний кожух ванны.

Ванна хромирования имеет внешний кожух или рубашку, в которую наливается вода; внутренний кожух электрически изолирован от земли, внешний кожух обычно надежно заземляется. Нагрев производится при помощи трубчатых патронов-нагревателей, помещенных под днищем ванны вдоль ее оси. Наружные трубы нагревателей вварены в боковые наружные стенки ванны. Во внутренний промежуток между кожухом и ванной наливается вода, омывающая трубчатые нагреватели. Регулировка температуры ванны может осуществляться путем регулирования обмена воды водяной рубашкой и выключения патронов.

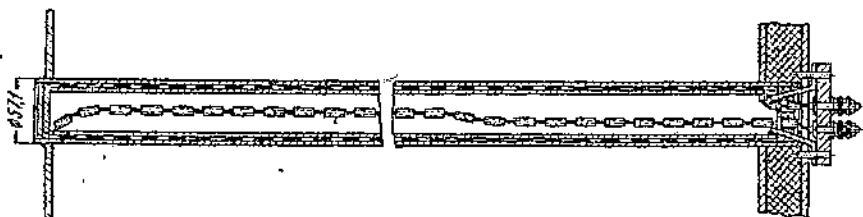
Собственно нагреватели, вставляемые и в первом и во втором случае в наружные трубы, состоят из труб соответственного диаметра с намотанными на них сопротивлениями из нихромовой проволоки или ленты. Наружные трубы должны быть выбраны с чистой внутренней поверхностью или очищены от бугорков, наплывов и прочих дефектов, наличие которых вызвало бы затруднения в установке второй трубы с намотанным на ней сопротивлением.

Намотка проволоки или ленты производится на станке с соблюдением соответствующего шага на изолированную гибким micaнитом (толщина micaнита 0,2 мм) трубу. Толщина изоляции первичного слоя должна быть не менее 1 мм. Крайние витки укрепляются той же лентой или проволокой. Намотанное сопротивление сверху покрывается ровным слоем (без комков) жидкого стекла, смешанного с каолином. Концы выводятся из той же проволоки или ленты, причем никаких усиленных их (скрутка в несколько проводов и т. п.) делать нельзя. Концы изолируются фарфоровыми бусами и укрепляются на клеммах.

Обмотанная и покрытая жидким стеклом с каолином труба сверху покрывается еще раз micaнитом, плотно обертывающим трубу, причем толщина наружного слоя также должна быть не менее 1 мм. В общем полный диаметр изолированного намотанного элемента должен быть таким, чтобы при помещении его в наружную трубу, вваренную в кожух ванны, он входил с легким усилием так, чтобы изоляция не была повреждена.

Тепловые расчеты для ванны производятся по отдельным элементам теплового баланса, как-то: 1) нагрев электролита.

2) нагрев воды водяной рубашкой, 3) нагрев корпуса ванны и тепловые потери (отмечаются три вида потерь: а) излучением с поверхности ванны, б) испарением с поверхности и в) потерей стенками ванны). При работе гальванических ванн требуется такой тепловой режим их, при котором только в период начального нагревания нужна полная тепловая мощность по балансу; после того как ванна нагрета, для поддержания рабочей температуры необходимо только включение мощности, компенсирующей тепловые потери, для чего достаточно включение из 6 нагревателей только одного и то на непродолжительное время. Джаулевые потери в ваннах будут тем больше, чем больше загрузка ванны. Таким образом, практически для поддержания рабочей температуры ванны можно один нагреватель включать по мере необходимости.



Фиг. 34. Общий вид электрического нагревателя

Имеется ряд методов регулировки температуры в ваннах: переключение со звезды на треугольник, параллельное и последовательное включение, изменение подводимого напряжения, выключение отдельных нагревателей, соединенных звездой или треугольником и др.

При включении нагревателей в трехфазную сеть треугольником возможна регулировка температуры нагрева включением полного числа нагревателей равномерно в 3 фазы в виде 2 треугольников (6 нагревателей), 1 треугольника (3 нагревателя) и отдельно 2 или 1 нагревателя.

При включении нагревателей в виде звезды возможна регулировка температуры при включении полной и половинной мощности.

На фиг. 34 приведен общий вид нагревателя для ванны горячей воды и щелочи.

Расчет электрических нагревателей для ванн проводится в следующей последовательности. Производят тепловой расчет ванны, определяя баланс тепла и теплопотери ванны; задаются временем разогрева ванн, исходя из эксплуатационных условий; определяют общую мощность, потребную для разогрева ванны при принятом времени разогрева, а так же мощность, потребную для поддержания температуры ванны; исходя из конструктивных условий, определяют число нагревателей, размещаемых под ваннами. На основании вычисленной мощности для разогрева ванн устанавливают мощность одного трубчатого нагревателя.

Исходя из принятых мощности и напряжения сети, определяют ток нагревателя, выбирают по табличным данным диаметр прово-

локи (обычно нихромовой) для нагревателя соответственно требуемому току и допускаемой максимальной температуре проволоки. Определение потребной длины проволоки после этого не представляет затруднений и осуществляется обычными методами.

В качестве проверки производят вторичный подсчет диаметра проволоки и длины, исходя из эмпирических формул

$$d^3 = \frac{0,0405 \cdot \rho N^2}{Be^2};$$

$$L = \frac{N}{31,42 \cdot B \cdot d};$$

где ρ — удельное сопротивление проволоки,

N — мощность нагревателя в ваттах,

B — удельная нагрузка нагревателя в вт/см^2 поверхности (принимается для данного типа нагревателей равной 3,5),

e — напряжение в вольтах,

d — диаметр проволоки в мм.

Указанные формулы действительны для условий нагрева нихрома до 500° .

Вместо нихромовой проволоки очень часто в нагревателях применяется нихромовая лента, удельная нагрузка для которой может быть принята более высокой, чем для проволоки, вследствие лучших условий теплоотдачи.

Иногда для удобства и возможности быстрой регулировки применяют охлаждение электролита; при этом в случаях применения ванн с водяной рубашкой охлаждение электролитов осуществляется достаточно просто — путем дополнительного выпуска холодной воды.

При правильно произведенном тепловом расчете ванны обычно учитываются омические потери, имеющие место при электролитическом процессе, которые создают потери в виде джаулева тепла. Эти потери во многих случаях достигают 20—30% от мощности, затрачиваемой на электролитический процесс, в зависимости от вида процесса и объемной плотности тока.

Мощности нагревателей для ванн хромирования и ванны горячей воды и щелочи, подсчитанные по приведенной выше схеме, представлены в таблице 18.

Расчет в табл. 18 произведен при температуре хромовых ванн — 45° , а других ванн — 70 — 75° .

Проблема индукционного нагрева для гальванических покрытий до настоящего времени не разрешена. В зарубежной и, в частности, в американской литературе имеются указания на применяющийся индукционный нагрев железных баков для различных химикалей, например, для каустической соды, причем емкость баков достигает 300—500 галонов. Первичная обмотка в виде медных стержней наматывается непосредственно на бак, имеющий цилиндрическую форму. В смысле простоты исполнения индукционный нагрев имеет несравненные преимущества перед нагревателями сопротивления, наматываемыми в виде нихромовой

ленты. Но прямоугольная форма гальванических ванн и применение местного бортового отсоса создают для осуществления индукционного нагрева конструктивные затруднения. Кроме того, не выяснено влияние индуктивных зарядов на ванны гальванических покрытий.

Таблица 18

Мощности нагревателей

Размеры ванн в мм	Объем в л	Потребная мощность для нагрева за время около часа в кот	
		для ванн хромирования	для других ванн
600 × 500 × 600	150	11	15
800 × 600 × 600	240	17	25
1000 × 600 × 600	300	21	30
1500 × 750 × 750	750	37	36
1800 × 800 × 800	1000	54	60
2000 × 800 × 800	1120	62	60

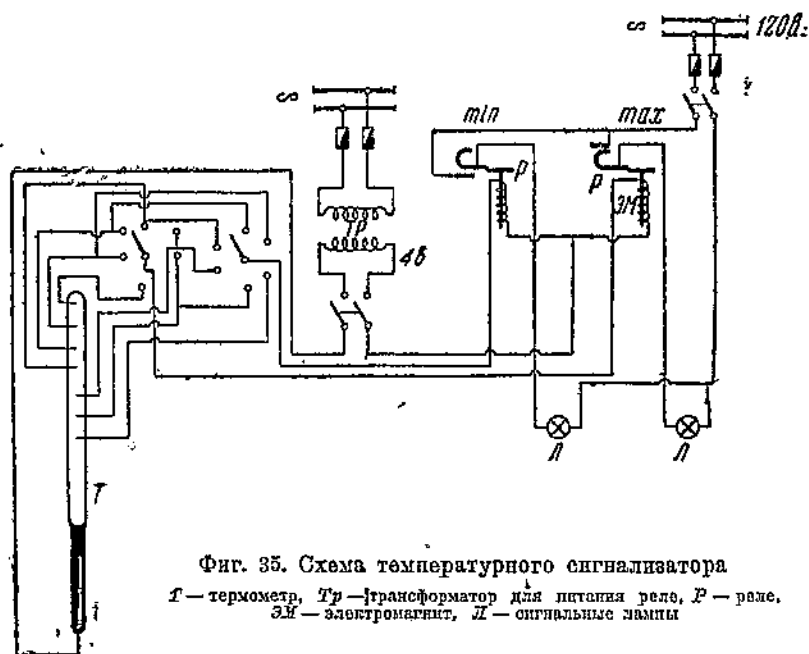
Вопросы о способах подводки тока к нагревателям решаются в зависимости от расположения ванны с электронагревом в помещении гальванических цехов. Обычно к нагревателям, помещенным в ванне, должен быть доступ со стороны выводной клеммной коробки. В случае необходимости ремонта и осмотра нагреватели должны свободно выдвигаться из кожуха ванны. Поэтому и подводку к нагревателям необходимо осуществлять таким образом, чтобы с этой стороны не было препятствий для вытаскивания нагревателей для ремонта и осмотра.

Если ванна расположена у стены, то подводка к нагревателям может быть осуществлена по стене изолированным проводом. Щиток нагревателей должен быть установлен также на стене, а подводка к самой ванне выполняется в эбоните и газовой трубе. Если ванна установлена по середине помещения, то подводка к нагревателям выполняется бронированным кабелем по полу. В тех случаях, когда расположение сточных каналов в полу цеха не создает препятствий для подводки, она может быть выполнена изолированным проводом в эбоните и газовой трубе в полу; однако целесообразнее и надежнее осуществлять подводку при помощи кабельных линий.

На щитках нагревателей устанавливаются рубильники с защитными кожухами и предохранители. В тех случаях, когда нагреватели включаются звездой, достаточно установить 2 трехполюсных рубильника и 6 однополюсных или 2 трехполюсных предохранителя на соответствующую силу тока. Если ванна установлена по середине цеха, расположение щитков нагревателей необходимо производить поблизости около ванны на трубах или каркасе из углового железа.

Для регулировки температуры нагрева ванн часто применяют температурные сигнализаторы, рассчитанные на минимальную и максимальную температуры. Сигнализаторы бывают как фонические, так и световые. Основой их действия является ртутный термометр с впаянными контактами, причем в зависимости от степени регулировки в термометре может быть несколько контактов. Установка диапазона регулировки производится при помощи переключателей с несколькими контактами по числу контактов в термометре; включение контрольных ламп осуществляется максимальными и минимальными реле, питаемыми от вспомогательного тока низкого напряжения. Включение и выключение нагревателей после получения сигнала осуществляется от руки.

На фиг. 35 приведена схема температурного сигнализатора.



Фиг. 35. Схема температурного сигнализатора

Т — термометр, Тр — трансформатор для питания реле, Р — реле, ЭМ — электромагнит, Л — сигнальные лампы

Автоматическая регулировка температуры электрического нагрева осуществляется при помощи специальных терморегуляторов.

Принцип работы этих регуляторов заключается в следующем.

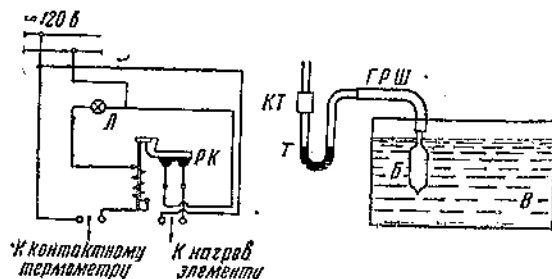
В ванну помещается герметически запаянный баллон с воздухом. Под действием температуры электролита воздух, расширяясь, вытесняет в U-образной трубке ртуть, которая замыкает клеммы контактного термометра.

В особом шкафу смонтировано реле, питающееся от источника тока 120 в, замыкающееся через контактный термометр и действующее на ртутный контакт рабочего тока нагревателей. При замыкании цепи электромагнита ртутный контакт РК под действием сердечника перемещается и размыкает главную цепь нагревателей. Установка максимальной температуры производится соответствующим

щей установкой контактного термометра по отношению к ртути в U-образной трубке.

Все это недорогое устройство портативно и удобно в эксплуатационном отношении, но ограничено определенной мощностью нагревателей и работает только на широких диапазонах температур, хотя степень регулировки для технологического процесса достаточна.

На фиг. 36 приведена схема такого терморегулятора.



Фиг. 36. Схема терморегулятора

КТ — контактный термометр, В — ванна, В — стеклянный баллон с воздухом, Л — сигнальная лампа, РК — ртутный контакт, Т — U-образная трубка с ртутью, ГРШ — гибкий резиновый шланг

Применение автоматического регулирования при паровом нагреве осуществить значительно труднее, так как в этом случае требуется механическое воздействие на паровой вентиль. Имеется несколько устройств, разработанных различными заводами точного приборостроения, но все они очень сложны. Одно из них, например, состоит из термометра сопротивления, равновесного мостика, контактного нуля-прибора, синхронного мотора и системы управления регулятором пара, действующей от трехфазной сети.

В изложении методов автоматической регулировки температуры нельзя не упомянуть о применении контактных гальванометров. Схема регулировки температуры с контактным гальванометром, изготавливаемая нашими заводами, рассчитана на автоматическую регулировку температуры электрических печей и сушилок. Внутри камер устанавливается термopара, связанная электрически с контактным гальванометром, который в свою очередь через трансформатор напряжения 220/12 в связан с выключающими катушками контакта, при помощи которого выключается ток для нагрева сопротивлений.

Указанная схема может быть применена для автоматической регулировки температуры как сушильных шкафов с электрическим нагревом, применяемых в гальванических цехах, так и различных печей при термической обработке покрытий металлами. Большого распространения в гальванических цехах эта схема регулировки не получила в виду большой стоимости контактного гальванометра и других приборов этой схемы.

Библиографический указатель

- Баблик Г. Основы цинкования, Металлургиядат, 1934.
Лайнер В. И. и Кудрявцов Н. Т. Основы гальваностегии, ч. 1, 1936.
Билигер Ж. Основы гальванотехники, ОНТИ, 1937.
Лайнер В. И. Хромирование металлов, Цветметиздат, 1932.
Проф. Арнольд и Лахур. Машины постоянного тока, Гостехиздат, 1931.
Проф. Курбатов С. И. Динамомашинны и электродвигатели постоянного тока, Госуд. Научно-технич. издательство, 1931.
Проф. Кулебакин В. С. Электрическая аппаратура, т. I, Госэнергоиздат, 1932.
Проф. Третьяк Г. Т. и инж. Лысов Н. Е. Основы тепловых расчетов электрической аппаратуры, ОНТИ НКТП, 1935.
Инж. Хаджинокий В. П. Канализация электрической энергии (сети), ч. 1, изд. Кубуч, Л-д, 1926.
Кессельринг Ф. Электрические выключающие, пусковые и регулирующие аппараты, Госэнергоиздат, 1932.
Справочная книга для электротехников, тт. I—VI, Кубуч, Л-д, 1928—1934.
Справочник электромонтера, Энергоиздат, 1934.
Журнал „Galvano“ № 57, 58, 1937.
Журнал „Metal Industry“, London, Vol XLVIII, № 13, March 27, 1936.
Журнал „Zeitschrift für Metallischekunde“, т. 12, 1932.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СССР Народный Комиссариат Машиностроения	Стандарт Главэлектропрома	Ст. 42
	Низковольтные многоамперные генераторы постоянного тока	Электромашинно- строение

Настоящий стандарт распространяется на низковольтные многоамперные генераторы постоянного тока, предназначенные для целей гальванотехнических покрытий и устанавливаемые в закрытых помещениях.

А. Классификация

§ 1. По способу защиты настоящий стандарт распространяется на генераторы открытого и защищенного исполнения.

§ 2. По формам исполнения настоящий стандарт распространяется на генераторы с горизонтальным валом и подшипниками любой конструкции — щитовыми, стоячковыми или комбинированными, а также на агрегаты, состоящие из низковольтного генератора постоянного тока и возбуждателя с текстропной передачей и приводного электродвигателя, монтированных на общей фундаментной плите.

§ 3. По способу вентиляции стандарт распространяется на генераторы с естественной вентиляцией и самовентилирующей.

§ 4. По типу изоляции стандарт распространяется на генераторы с нормальной изоляцией.

Б. Сортамент

§ 5. Низковольтные генераторы различаются:

- а) по напряжению генератора и числу коллекторов,
- б) по величине тока,
- в) по характеру возбуждения, а в случае агрегатов также
- г) по напряжению приводного электродвигателя,
- д) по типу приводного электродвигателя (с фазовым ротором, короткозамкнутым ротором).

§ 6. Низковольтные многоамперные генераторы изготавливаются для нижеследующих напряжений и токов:

- а) двухколлекторные на 6/12 в до 10 000/5000 а, т. е. до 10 000 а при соединении на 6 в и до 5000 а при соединении на 12 в,
- б) одноколлекторные на 9 в от 300 до 3000 а,
- в) одноколлекторные на 6 в от 150 до 1200 а.

Примечание. Генераторы на большие силы токов могут быть изготовлены по особому соглашению между заводом-изготовителем и потребителем.

§ 7. Твердая шкала токов для низковольтных генераторов настоящим стандартом не устанавливается, но устанавливается предельная величина для коэффициента возрастания токов, который для всех напряжений не должен превышать 2.

§ 8. Для двухколлекторных генераторов на 6/12 в, которые являются основным типом низковольтных генераторов, рекомендуется следующая шкала токов.

При соединении на 6 в 500—750—1000—1500—2500—3500—5000—7500—10 000 а.

При соединении на 12 в 250—375—500—750—1250—1750—2500—3750—5000 а.

§ 9. По числу оборотов генераторы должны допускать непосредственное соединение с электродвигателем 3-фазного тока частотой 50 герц.

В. Технические условия

§ 10. Низковольтные генераторы на ток выше 750 а при 6 в и выше 500 а при 9 в должны иметь шунтовые характеристики, и однотипные машины равной мощности должны допускать между собой устойчивую параллельную работу.

Примечание. Допускается небольшое компаундирование шунтовых генераторов за счет дробного числа витков в обмотке дополнительных полюсов, однако при этом должна обеспечиваться устойчивая параллельная работа однотипных генераторов, начиная с 25% нагрузки.

§ 11. По способу возбуждения низковольтные генераторы могут изготовляться или с самовозбуждением или с независимым возбуждением, однако падение напряжения в генераторе при номинальном токе не должно превышать 30% от номинального напряжения у генератора до 1500 а. У генераторов ниже 1500 а падение напряжением не должно превышать 40% от номинального напряжения.

Примечание. Для генераторов выше 3500 а при 6 в рекомендуется применять независимое возбуждение.

§ 12. Шунтовые обмотки низковольтных генераторов с независимым возбуждением должны изготовляться для напряжения 110 в.

Примечание. По особой договоренности потребителя с заводом-изготовителем шунтовые обмотки генераторов могут быть изготовлены и для других напряжений, в случае питания их от сети постоянного тока потребителя.

§ 13. Низковольтные генераторы должны допускать регулировку напряжения в следующих пределах:

а) для двухколлекторных генераторов от 3 до 6 в при соединении 6 в и от 6 до 12 в при соединении на 12 в,

б) для одноколлекторных генераторов на 9 в от 4,5 до 9 в,

в) для одноколлекторных генераторов на 6 в от 3 до 6 в.

Примечание. По особой договоренности потребителя с заводом-изготовителем генераторы могут изготовляться также и для более широких пределов регулировки напряжения в сторону его уменьшения.

§ 14. Низковольтные генераторы должны кратковременно в течение 2 мин. разивать на выводных клеммах номинальное напряжение до нагрузки в 125% от номинальной при нагретом состоянии машины.

§ 15. Низковольтные генераторы должны допускать кратковременное в течение 2 мин. повышение напряжения на клеммах при номинальном токе на 10% сверх номинального.

§ 16. Реостат в цепи возбуждения низковольтного генератора должен обеспечивать при любой нагрузке плавную регулировку напряжения в указанных в § 13 пределах, ступенями не выше 2% от номинального напряжения.

§ 17. В двухколлекторных генераторах с самовозбуждением для обеспечения регулировки напряжения одним и тем же реостатом при схемах на 6 и 12 в обмотка возбуждения должна питаться от одного из коллекторов.

§ 18. Двухколлекторные генераторы на напряжение 6/12 в должны допускать работу по трехпроводной схеме, при неравномерности нагрузки коллекторов до 100% при токе до 2500 а и до 50% для токов свыше 2500 а.

§ 19. При работе двухколлекторных генераторов по схеме на 6 в должно обеспечиваться равномерное распределение тока между коллекторами. Разница между токами обоих коллекторов при всех нагрузках не должна превышать 10% от номинального тока одного коллектора.

§ 20. Постоянный ток, получаемый от низковольтного генератора, независимо от схемы его соединения и режима работы, должен иметь величину пульсации не выше 5%.

§ 21. В отношении коммутации, нагрева, повышения числа оборотов и прочности изоляции низковольтные генераторы должны соответствовать основному стандарту на электрические машины,

§ 22. Конструкция низковольтных генераторов должна допускать удобный осмотр и смену щеток во время работы машины.

§ 23. Токоведущие части и детали щеткодержателя должны иметь антикоррозийное покрытие. Все контакты в генераторах на ток выше 1500 а должны быть доступны осмотру и подтягиванию без разборки самой машины.

§ 24. Выводы в низковольтных генераторах на ток выше 1000 а должны выполняться в виде шин.

§ 25. Нормально низковольтные генераторы должны поставляться в форме агрегатов, куда входят:

а) низковольтный генератор постоянного тока, смонтированный с приводным электродвигателем на общей фундаментной плите,

б) возбудитель с приспособлением для натяжения текстурпы, если низковольтный генератор с независимым возбуждением,

в) пунтовой и магнитный регулятор,

г) пусковой аппарат для электродвигателя,

д) схема генератора и инструкция по уходу.

§ 26. К каждому генератору должен быть приложен один запасной комплект щеток на машину и запасной комплект щеткодержателей на один полюс.

§ 27. Конструкция щеткодержателя должна обеспечивать равномерность протекания тока через все щетки при эдентичном материале щеток.

§ 28. Направление вращения генератора устанавливается правое, если смотреть со стороны привода.

Г. Маркировка

§ 29. Каждый низковольтный генератор должен иметь на корпусе прочно укрепленную производственную марку с добавлением в нее следующих данных:

а) напряжение (номинальное) в вольтах,

б) ток (номинальный) в амперах,

в) число оборотов в минуту (номинальное),

г) напряжение возбуждения генератора в вольтах,

д) максимальный ток возбуждения при длительной работе в амперах,

§ 30. В агрегатах на фундаментной плите должен быть укреплен щиток с указанием:

а) завода-изготовителя,

б) № агрегата,

в) веса агрегата.

§ 31. На видимом месте корпуса генератора должна быть нанесена стрелка, указывающая направления вращения генератора.

Д. Правила приемки

§ 32. Приемка готовых низковольтных генераторов (и агрегатов) производится испытательным отделом завода-изготовителя.

§ 33. При приемке готовых генераторов (и агрегатов) испытание производится по двум программам — типовых испытаний и контрольных испытаний.

Типовые испытания производятся в следующих случаях:

а) при выпуске типа впервые,

б) при выпуске типа с измененной конструкцией,

в) при изменении качества основных материалов, идущих на изготовление генератора,

г) не реже двух раз в год для общей проверки.

Во всех остальных случаях производятся контрольные испытания.

§ 34. Контрольные испытания производятся над каждым генератором и агрегатом.

В контрольные испытания входят:

а) внешний осмотр генератора (или агрегата),

б) проверка величины и равномерности зазоров в генераторе по заводским нормалам,

в) определение сопротивлений обмоток генератора.

г) работа генератора при холостом ходе с замером тока возбуждения при номинальном напряжении на клеммах генератора.

д) работа при нормальной нагрузке в течение 1 часа (по схеме на 6 а в двухколлекторных генераторах) с замером тока возбуждения, напряжения на щитовой обмотке, суммарного падения напряжения во всех последовательных обмотках, включая переходные контакты; проверка распределения токов между коллекторами; проверка коммутации; проверка работы и нагрева подшипников; проверка пределов регулировки напряжения генератора; проверка балансировки и шума; проверка на перегрузку; проверка на повышение числа оборотов; проверка на прочность изоляции; проверка правильности маркировки; проверка пределов регулировки напряжения генераторов.

§ 35. Программа типовых испытаний:

- а) все испытания, перечисленные в § 84,
- б) снятие характеристики холостого хода,
- в) снятие внешней характеристики,
- г) снятие нагрузочных характеристик при токах $1/2$ и $1/1$ номинального,
- д) определение величины к. п. д. генератора (и агрегата) при $1/4$ — $2/4$ — $3/4$ и $4/4$ номинальной нагрузки,
- е) проверка работы по трехпроводной схеме,
- ж) проверка параллельной работы одностипных генераторов,
- з) проверка величины пульсации тока,
- и) проверка нагрева всех частей генератора, в том числе щеток после продолжительной работы при номинальном режиме,
- к) снятие регулировочных характеристик.

Примечание. При снятии характеристик генератора в агрегатах поддерживаются постоянными частота и напряжение сети переменного тока, питающей приводной электродвигатель. Обороты агрегата не поддерживаются постоянными.

§ 36. Методы испытания должны соответствовать основному стандарту на электрические машины.

§ 37. В случае, если генератор и агрегат не удовлетворяют хотя бы одному из требований настоящего стандарта, то они возвращаются в производство для устранения дефектов, после чего они снова могут быть предъявлены к приемке. При вторичном неудовлетворении требованиям настоящего стандарта они бракуются.

Е. Упаковка

§ 38. Упаковка низковольтных генераторов (и агрегатов) настоящим стандартом не предусматривается и представляется договоренности завода-изготовителя с заказчиком.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение. Особенности электрооборудования гальванических цехов . .</i>	3
<i>Глава I. Низковольтные динамомашинны и металлические выпрями- тели</i>	8
<i>Глава II. Установка низковольтных динамомашин и уход за ними . .</i>	21
<i>Глава III. Схемы электрических соединений в гальванических цехах .</i>	27
1. Работа одной динамомашинны на одну или несколько ванн . . .	27
2. Параллельная работа низковольтных динамомашин	30
3. Последовательное соединение низковольтных динамомашин . . .	34
4. Трехпроводная система	34
5. Комбинированные соединения	36
6. Схема соединений при процессе анодной поляризации	38
<i>Глава IV. Способы прокладки проводов, шин и кабелей и их расчет .</i>	39
<i>Глава V. Прокладка штатга на ваннах</i>	46
<i>Глава VI. Регулировка тока в ваннах и расчет реостатов</i>	51
<i>Глава VII. Электрические измерения в гальванических цехах</i>	56
<i>Глава VIII. Контактное соединение</i>	60
<i>Глава IX. Электрический нагрев гальванических ванн</i>	66
<i>Библиографический указатель</i>	73.
<i>Приложение. Стандарт Главэлектропрома на низковольтные динамо- машинны</i>	74

К читателям книги

Главная редакция литературы по черной и цветной металлургии просит сообщить свои отзывы и замечания по содержанию и оформлению этой книги.

Ценные отзывы, помимо использования их редакцией, будут направляться в журналы для опубликования.

Адрес редакции: Москва, пр. Владимира, д. 4, ГОНТИ, Главная редакция литературы по черной и цветной металлургии.

Редактор *Н. Е. Воровой*
Техн. редактор *М. Л. Темерлин*

Над. № 19. Сдано в набор 23/VI 1938 г. Подп.
к печати 2/IX 1938 г. Индекс 20-5-3. Тираж
3000. Прот. ТЖК № 34 от 29/VII 1938 г.
Печ. листов 5. Бум. листов 2,5. Формат бумаги
 $62 \times 94 \frac{1}{16}$. Уполн. Главлита № В-50331. Учетн. авт.
л. 5,25. Учетн. № 3289. Зак. 1288.

1-я тип. Машгиза НКМ. Ленинград, ул. Моисеевко, 10.

