

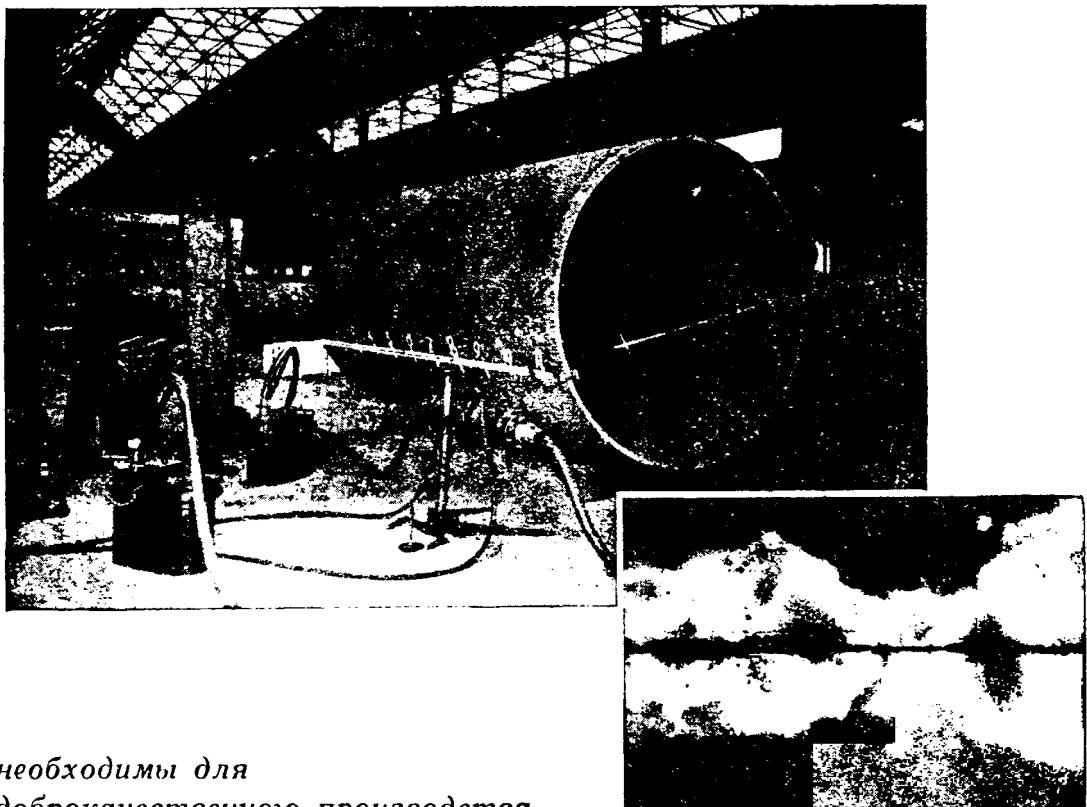
# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

# 7

1937

ОБЪЕДИНЕН  
ТЕХНИЧЕСКОЕ  
Вологодская областная универсальная научная библиотека  
НИИ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

# РЕНТГЕНОВСКИЕ УСТАНОВКИ для ПРОСВЕЧИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ



... необходимы для  
доброточастного производства

Рентгенограмма шва.

Они вполне себя оправдали при исследовании  
литых частей на раковины и образование пор,  
сварочных швов на шлаковые включения и доброкачествен-  
ности проварки,  
конструктивных заклепочных частей на трещины и т. д.

Они безусловно необходимы во всех случаях, где требуется абсолют-  
ная надежность, как то при постройке мостов, котлов, деталей машин,  
особенно самолетов.

Удобно-портативны.

Питание от сети.

С запросами просим обращаться по адресу

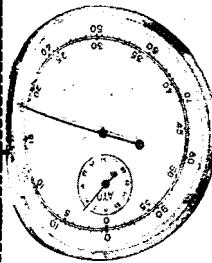
SIEMENS & HALSKE A. G. / TECHNISCHES BÜRO OST / BERLIN-SIEMENSSTAD

6731

Вологодская областная универсальная научная библиотека

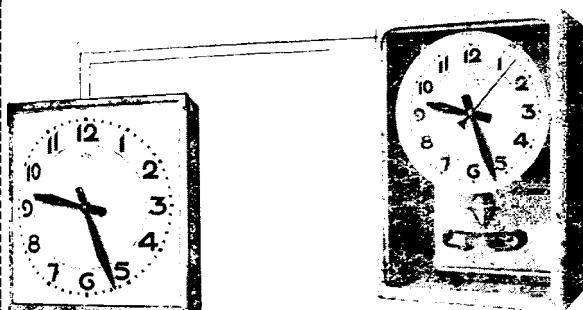
Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о ввозе

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЧАСЫ



для железных  
дорог, школ, разных  
административ-  
ных учреждений,  
зданий, обществ.

мест и т. д.



ПРЕЦИЗИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ



PAUL GARNIER

Фабрикант и поставщик часов французского флота и  
французских железных дорог

9, RUE BEUDANT, 9 - PARIS (ФРАНЦИЯ)



Deutsche Elektricitäts-Werke  
zu Aachen

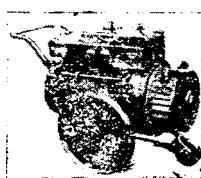
-Garbe, Lahmeyer & Co. -

Aktiengesellschaft

Электрические машины



Трансформаторы



Распределитель-  
ные установки

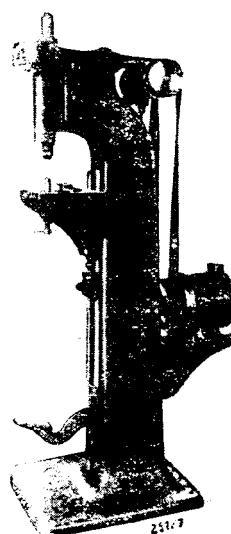


50-летний  
производственный  
стаж

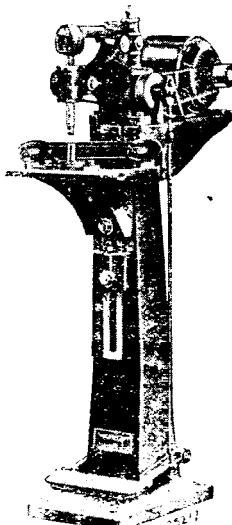
# Экономическая КЛЕПКА



Быстро-  
ходные кле-  
пальные машины



Бесшумный роликовый тип



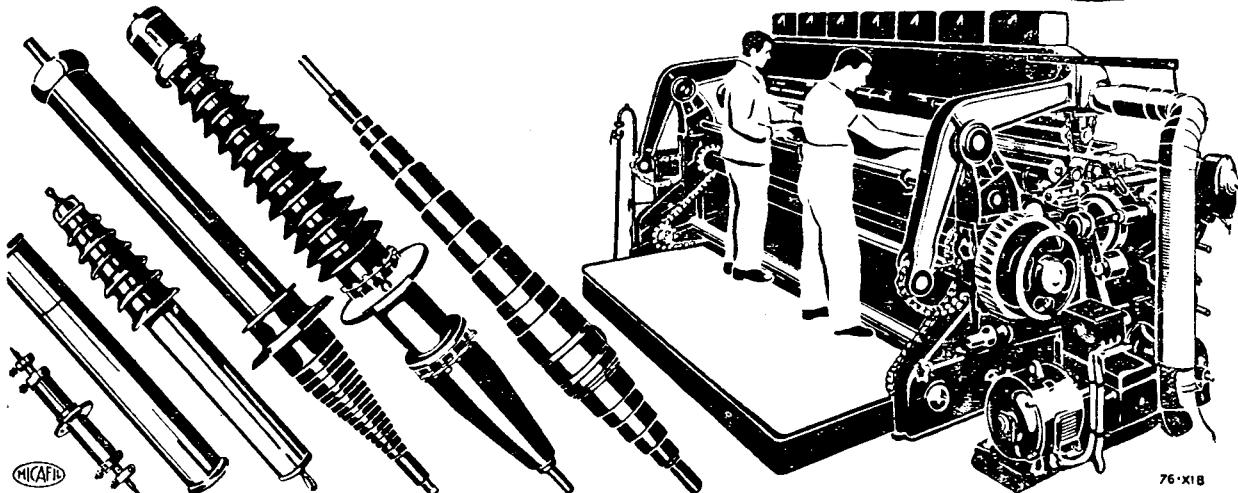
Быстро ударяющий  
молотковый тип



Мы поставляем клепальные машины для всех  
целей применения и охотно предоставляем в  
Ваше распоряжен. опыт наших специалистов  
Просим затребовать наш специальн. проспект 936

**HAHN & KOLB · STUTTGART**  
**ГАН и КОЛЬБ · ШТУТГАРТ**

**MICAFIL**



76-X18

Производство фиброзных гильз для изоляторов, рентгеновских аппаратов, конденсаторов, трансформаторов, масляных выключателей и пр. основано на употреблении специальных машин, отвечающих всем требованиям предъявляемым к изоляционному материалу для высоких и сверхвысоких напряжений.

А. О. МИКАФИЛЬ специализировалось в течении многих лет на производстве таких машин. Т. к. эти машины употребляются и на собственной фабрике для производства изоляц. материалов А. О. МИКАФИЛЬ при постройке их может учесть все требования и достижения современной электротехники. А. О. МИКАФИЛЬ производит также все машины и оборудования для обмоточных мастерских. Соответствующие проекты могут быть разработаны по первому требованию

**MICAFIL A.-G., Zürich-Altstetten (Швейцария)**

6730

## “Высокая эффективность в работе—залог популярности”

Ввиду высокой эффективности в работе, регуляторы напряжения с вращающейся катушкой приобрели у многих фирм отличную репутацию, и непрерывное поступление повторных заказов объясняется

**Снижением расходов по распределению тока** Регулятор напряжения с вращающейся катушкой дал возможность отказаться от применения тяжелых кабелей и от нежелательного увеличения числа подстанций, равно как и способствовал разрешению других проблем распределения тока.

**Простотой конструкции** В конструкции отсутствуют выключатели, гибкие свинцовые или переходящие контакты. Регулятор приводится в действие тихоходным мотором с медным диском, не требующим никакого обслуживания. Автоматический орган управления отличается исключительной простотой.

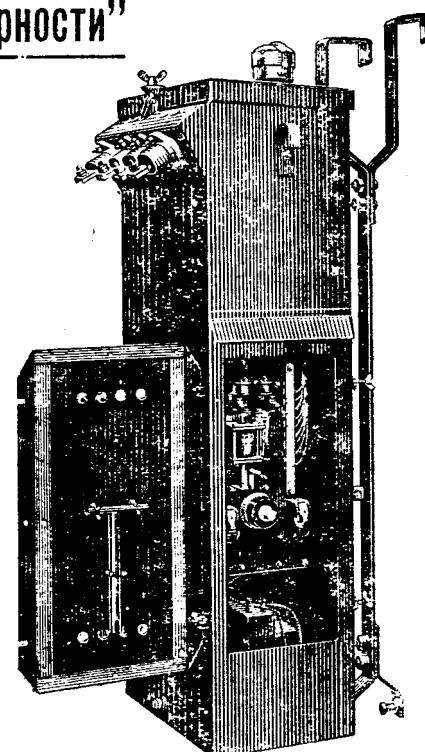
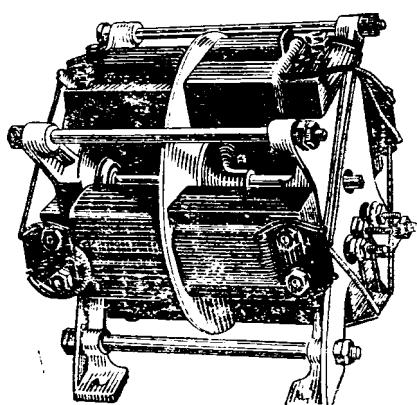
### Дешевой стоимостью и надежностью

Эти достоинства делают возможным установку большого числа регуляторов с вращающейся катушкой в разветвленных системах распределения тока.

### Применимостью в промышленности

На многих промышленных предприятиях снижение издержек производства достигается поддержанием напряжения тока на одном и том же уровне. Регулятор напряжения с вращающейся катушкой дает при желании также возможность точно изменять напряжение тока.

ТРЕБУЙТЕ НАШИ ПРОСПЕКТЫ



**FERRANTI**  
FERRANTI LIMITED, HOLLINWOOD, LANCS, ANGLIA

F.T.35b

**Регулятор напряжения с вращающейся катушкой**

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ГОД ИЗДАНИЯ 58-й

7

1937

АПРЕЛЬ

ИАН ГЛАВЭНЕРГИ ОПРОМА, ГЛАВЭНЕРГО НКТП И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АКАДЕМИИ НАУК СССР  
Адрес редакции: Москва, Бол. Калужская, дом 67. Энергетический ин-т, I этаж, комн. 144; тел. В 5-32-79  
Адрес для корреспонденции: Москва, Главный почтамт, почтовый ящик № 648.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Бабат Г. И.—Пути развития ионной электротехники . . . . .	1
Уайт Д. К.—Применение современных ртутных выпрямителей . . . . .	4
Клячкин Л. М. и Михелис Я. Л.—Выпрямители большой мощности завода «Электросила» им. т. Кирова . . . . .	8
Асташев М. А.—Схемы включения ртутных выпрямителей зав. «Электросила» им. С. М. Кирова . . . . .	14
Дроздов В. И., Кенин И. М.—Падение в дуге металлического ртутного выпрямителя . . . . .	16
Дроздов В. И., Кенин И. М. и Петухов Н. Н.—Распределение потенциала в дуге металлического ртутного выпрямителя . . . . .	20
Петухов Н. Н.—Обратный ток в металлических ртутных выпрямителях . . . . .	23
Фридкин П. А.—Дуговые статоры, как электрические аппараты для вращения рабочих машин . . . . .	26
Савостюк М. М.—К столетию электромагнитного телеграфа Морзе (1837—1937 гг.) . . . . .	32
На обложке—Ртутный выпрямитель типа РВ 1/150 на 12 000 В, 1000 кВт завода «Электросила» им. С. М. Кирова	

## ОТ РЕДАКЦИИ

Помещая статьи тт. Г. И. Бабат и Д. К. Уайт о путях развития ионной электротехники и статьи ряда работников завода «Электросила» им. С. М. Кирова о ртутных выпрямителях, редакция обращает внимание советской научно-технической общественности на серьезную отсталость нашей промышленности в этой области техники.

Редакция считает, что Главэнергопром обязан дать перед широкой аудиторией ответ о том, какие мероприятия предприняты и намечаются им для полной ликвидации нашего отставания в области ионной электротехники и, в частности, в производстве ртутных выпрямителей.

## Пути развития ионной электротехники

TRENDS IN IONIC ELECTROTECHNICS DEVELOPMENT

Г. И. Бабат

Завод „Светлана“

ЦЕ 15—20 лет назад электротехника была в основном техникой меди и железа. В наше время вполне отчетливо выявилась линия развития—ионная электротехника. Помощи ионных приборов могут быть разрешены почти все задачи преобразования электрической энергии из одного вида в другой. Ионные приборы позволяют создать наиболее совершенную электротехнику. Ионные приборы составляют в ценностном выражении пока еще сравнительно небольшой процент от всей продукции промышленности, но имеется же определенная, ярко выраженная тенденция более и более широкого внедрения ионных приборов в электрохозяйство. Едущими мировыми фирмами капиталистических стран учтено это значение ионной электротехники. Если просмотреть тематический план лабораторий GEC<sup>1</sup>, то мы

увидим, что почти все их работы так или иначе связаны с ионной техникой.

Между тем у нас в Союзе ионная электротехника до сих пор не получила необходимого развития.

Вполне справедлив упрек, сделанный «Правдой» (передовая от 14 февраля 1937 г.), что в области ионных приборов у нас имеются самоуспокоение, недооценка развития техники капиталистических стран, невнимание к техническому прогрессу.

Одна из основных причин нашего отставания в области ионной электротехники—это разрыв между лабораторными разработками и промышленным выпуском приборов.

Даже относительно скромный сортамент ионных приборов, разработанный до 1937 г. лабораторией завода «Светлана» (шесть типов ртутных тиатронов на токи от 1 до 100 А, семь типов тиатронов с ионными газами, шесть типов газотронов и около десяти типов ртутных выпрямителей).

мителей)<sup>2</sup>, мог бы обеспечить широкое внедрение ионной электроавтоматики. Но здесь получается своеобразный порочный круг. Промышленного выпуска тиратронов и игнайтронов нет, потому что нет планового потребителя, а промышленных устройств с игнайтронами и тиратронами нет из-за отсутствия последних. Ясно, что этот круг должен быть, наконец, разорван. Электроаппаратные заводы, как, например, ХЭМЗ и завод «Электрик», должны начать смело внедрять ионную аппаратуру.

Эксплоатация наших новых моделей газотронов и тиратронов показала, что по своим показателям они мало уступают американским. Новые подогревные 50-А газотроны работают на радиостанции выше 4000  $h$  без одной аварии. Поэтому неотложной задачей является передача лабораторных разработок в массовое производство.

Для массового производства ионных приборов нужна крепкая механическая база. Фирмы Elin и AEG могут выпускать 500-А и 750-А ртутные колбы не только благодаря искусству своих стеклодувов, а главным образом, благодаря далеко проведенной механизации труда. Наши же электровакуумные заводы имеют совершенно недостаточное машинное и энерговооружение.

Остро стоит вопрос изготовления специальных материалов для ионных приборов. Производство их требует высококачественного никеля, молибдена, графита, слюды и т. д. Между тем заводы-смежники не всегда удовлетворяют запросы вакуумной промышленности. Например, Кудиновский завод еще 2 года назад изготовил хорошие образцы графита, но дальше проб дело не пошло. До сих пор во всех наших газотронах и тиратронах применяется или импортный графит или совершенно неподходящие сорта отечественного графита. Последнее ведет к резкому понижению рабочих напряжений и уменьшению срока службы.

При развертывании широкого производства ионных приборов важно выбрать правильную ориентацию. Не к чему стремиться перегнать одновременно, например, фирму Elin по ртутным колбам и GEC по приборам с горячим катодом. Лучше иметь не такой обширный, но зато более совершенный и передовой сортамент.

В области приборов средних и малых мощностей выбор должен быть сделан в пользу игнайтронов и тиратронов. Для нас должен быть весьма показателен тот факт, что GEC и Westinghouse почти не изготавливают стеклянных многоанодных выпрямителей. Успехи, достигнутые в производстве игнайтронов<sup>3</sup>, позволяют надеяться, что в ближайшее время они могут вступить в серьезное соревнование с обычными ртутными выпрямителями.

В ртутных металлических преобразователях большой мощности также наиболее рациональными оказываются американские конструкции. Их отличительные особенности: максимально возможная поверхность анодов, наиболее корот-

кий путь между анодами и катодом, наименьшие габариты корпуса. Конденсационные поверхности заключены внутри корпуса, необходимая демпфация и экранирование анода достигаются удлинением рукава или манжеты, а исключительно фильтром и сеткой.

Фирмой GEC по этому принципу уже построен выпрямитель на 8000 А с падением в дуге всего 23 В. Завод «Электросила» должен как можно скорее перейти на эти конструкции. Дальнейшее развитие производства ртутных выпрямителей в СССР целиком и полностью связано с расширением базы этого производства на заводе «Электросила», обладающем подготовленными кадрами специалистов в этой области. Одним из темпов строительства цеха ртутных выпрямителей на «Электросиле» недопустимо низки. Изготовление ртутных выпрямителей ведется пока в задворках завода. Наше отставание на этом участке—яркий пример косности и консерватизма проявляемых руководителями Главэнергопроекта.

Не подлежит сомнению, что вредительская деятельность троцкистских выродков, всячески срывающих и тормозивших технический прогресс советской энергетики, нанесла ущерб и развитию ионной электротехники.

Для того чтобы перегнать капиталистические страны в области ионной электротехники, надо искать собственные новые пути, вести собственные фундаментальные исследования. В каком же направлении должны вестись работы для получения новых более совершенных электротехнических вентилей?

Физика газового разряда не указывает никаких пределов повышения напряжения обратного зажигания ртутных вентилей. Но промышленность в настоящее время выпускает вентили на напряжение не выше 20 кВ. Правда, на малые токи до 1—5 А существуют многосекционные<sup>4</sup> газотроны на напряжение 100—150 кВ. Но мощные приборы подобного типа, сочетающие высокое напряжение с большими силами токов, построены не удается. Наши знания механизма пробоя в ртутных парах еще не могут нам полностью объяснить, почему при переходе к большим мощностям, к большим токам мы получаем более низкие напряжения обратного зажигания. Только углубленные исследования динамики обратных зажиганий дадут нам новые принципы конструирования мощных высоковольтных вентилей.

При низких напряжениях (меньше 100 В) применение ионных вентилей нерентабельно из-за высокого коэффициента полезного действия. В приборах с ртутными парами падение в дуге не может быть получено меньше 15—10 В (у приборов с наполненными инертными газами, падение еще больше).

Возможно, что, выбрав в качестве наполнения пары щелочных и щелочноземельных металлов имеющих значительно более низкие, чем ртуть, потенциалы ионизации, удастся построить ионные приборы с меньшим падением напряжения в дуге и таким образом разрешить задачу преобразова-

<sup>2</sup> На менее ходких типах приборов, как-то: тунгарты, газовые разрядники, неоновые стабилизаторы напряжения, мы останавливаться не будем.

<sup>3</sup> D. Packard & J. H. Hutchings. «Sealed» off Ignitrons for welding „control“ El. Eng. № 1, 1937, p. 37.

<sup>4</sup> Эти приборы были предложены Mölder в лаборатории Филипса. В 1935 г. такие же вентили были разработаны в лаборатории завода «Светлана».

токов низкого напряжения с высоким коэффициентом полезного действия<sup>5</sup>.

Большое народнохозяйственное значение имеет в настоящее время вопрос получения переменных токов повышенной частоты<sup>6</sup>. Задачу получения периодного тока при помощи ионных приборов можно считать решенной. Инвертеры на частоту 0–10 000 Hz, работающие столь же устойчиво таким же коэффициентом полезного действия, и бы значительный экономический эффект. Трудности лежат здесь в большом времени ионизации (выше 100 мсек) современных вентилей. Поэтому необходима упорная работа над сокращением времени деионизации вентилей и созданием новых типов вентилей для повышенной частоты.

Важный участок ионной электротехники — это передача электрической энергии постоянным током высокого напряжения. Весьма симптоматичен интерес, который уделяет этому вопросу GEC. Под руководством д-ра Hull (одного из директоров исследовательской лаборатории GEC) усиленно ведутся работы по созданию промышленной системы передачи постоянным током. В 1935 г. впервые появились в печати сообщения об опытах д-ра Виллиса с моделью линии передачи постоянного тока мощностью в 100 kW. В 1936 г. GEC выполнила лабораторную установку на 15 kV 3000 kW\*. А в настоящее время GEC уже построила опытную линию передачи мощностью в 5400 kW на напряжение 30 kV и длиной 27 km.

Как же обстоит дело у нас с передачей энергии постоянным током?

Работы, которые велись до сих пор в ВЭИ, ограничивались экспериментальным исследованием отдельных схем. В лаборатории завода «Светлана» в 1935 г. был выполнен проект преобразовательной установки на напряжение 25 kV мощностью в 1000 kW\*\*.

Но светлановская установка не построена до конца.

В настоящее время, как нам известно, под руководством проф. К. А. Круга разрабатывается кинзийский проект опытной промышленной установки для передачи энергии постоянным током. Время передачи предполагается между Сосновой и Шуваловской подстанциями под Ленинградом. Длина линии 8 km. Передаваемая мощность 5000 kW, напряжение постоянного тока 25 kV. При такой мощности и таком напряжении передача постоянным током получается менее годной, чем передача обычной трехфазной

<sup>5</sup> Возможно, что, идя по этому пути, удастся построить генитроны с катодом из щелочных или щелочноземельных металлов, игнитроны с твердым катодом.

<sup>6</sup> Токи повышенной частоты нужны для поверхностной профильной обработки, электролизакалки для питания индукционных печей, быстроходных моторов и т. д.

\* См. C. H. Willis, B. D. Bedford and F. R. Elder, "Instant Current D. C. Transmission, El. Eng., vol. 54, № 1, 1935, а также General El. Review, May 1936.

\*\* «Электричество» № 21, 1936. Преобразовательная установка завода «Светлана».

линией (экономия в линии передачи не окупает стоимости преобразовательных установок). Но без эксплуатационного опыта работы линии такого масштаба нельзя серьезно, по-инженерному ставить вопрос о линиях сверхвысокого напряжения, на которых должны выявиться в полной мере все преимущества передачи больших мощностей постоянным током. Поэтому в 1937 г. обязательно необходимо начать строительство опытной линии постоянного тока.

Надо здесь же подчеркнуть еще, что без опытной линии передачи постоянного тока вряд ли будут решены и задачи постройки мощных высоковольтных вентилей. Уже при токах 100–200 A и напряжениях выше 20 kV мы получаем мощности, с которыми можно работать не в лабораториях, а в промышленных установках.

Одна из заманчивых возможностей ионной электротехники — это генерирование электрической энергии путем непосредственного преобразования кинетической энергии струи пара или газа в электрических или магнитных полях. Примером таких генераторов может служить, например, ионно-конвекционный генератор, действие которого основано на переносе электрических зарядов струей пара<sup>7</sup>. По мнению Джозефа Слепьяна (главного консультанта Westinghouse) именно по этой линии можно ожидать дальнейший прогресс в ближайшее десятилетие. По сообщениям Лэнгмюра (директор лабораторий GEC) аналогичные работы велись и этой фирмой.

Проблема преобразования тепловой энергии в электрическую с высоким коэффициентом полезного действия и без вращающихся машин имеет большое народнохозяйственное значение. Понятно также, что такая сложная и комплексная проблема может быть разрешена только кооперированной работой многих инженеров и физиков.

Наивно было бы ожидать немедленных успехов в этом направлении. Уже теперь видны трудности, стоящие на пути построения мощных ионно-конвекционных генераторов. Неясен ряд физических вопросов: механизм образования объемно заряженной дисперсной среды, пробой дисперсной среды и т. д. Возможен ряд технологических затруднений (выбор соответствующих материалов сопел, сеток, дуговых камер и т. д.).

Но также очевидно, что, только идя по новым путям, электропромышленность нашей социалистической страны может выйти на первое место и возглавить грядущий прогресс электротехники.

Этого смогут добиться партийные и непартийные большевики электропромышленности и электротехники СССР, выполнив на деле директивы февральского пленума ЦК ВКП(б) и доклада на этом пленуме товарища Сталина и ликвидировав до конца последствия шпионско-вредительской деятельности контрреволюционеров троцкистов на фронте энергетики.

<sup>7</sup> См. Г. И. Бабат, Ионно-конвекционные генераторы. Журн. техн. физ., т. VI, вып. 8, 1936, стр. 1319, а также Г. И. Бабат и Р. П. Жежерин, «Изобретатель» № 9, 1936.

# Применение современных ртутных выпрямителей

## PRESENT STATUS OF MERCURY ARC RECTIFIER PRODUCTION AND APPLICATION

Д. К. У.  
ВЭИ

Ни один из существующих силовых электрических аппаратов не может сравниться с ртутным выпрямителем по темпам внедрения его в практику за последние 10—15 лет. Такому росту применения ртутный выпрямитель больше всего обязан непрерывному повышению его надежности и растущему признанию его преимуществ по сравнению с другими типами преобразователей переменного тока в постоянный.

Снабжение ртутного выпрямителя управляющими сетками явилось вторым фактором, благоприятствовавшим интенсивному внедрению. Фактор этот слишком новый для того, чтобы оценить его в полной мере, но все же примерно за восемь лет, прошедших со времени введения управляющих сеток, открыты столь многочисленные области использования ртутного выпрямителя, что можно говорить о начале полной революции в электротехнике. Функции ртутного выпрямителя в некоторых областях его применения настолько изменились, что он даже не «выпрямляет» больше. По этой причине возникла необходимость принять новое, более общее название для него. В Германии официально принято название «Stromrichter», на английском же языке находит себе все больше и больше признания термин «Mercury Arc Converter». Термин «мутатор» (Mutator), который предлагался работниками швейцарской BBC, за границей не нашел нигде себе сочувствия. В настоящей статье для выпрямителя в наиболее общем смысле слова мы будем пользоваться термином «ртутный преобразователь» или просто «преобразователь».

Кроме обзора новейших достижений в усовершенствовании выпрямителя, настоящая статья имеет цель дать картину технических применений ртутных преобразователей. Однако вовсе не имеется в виду перечислить все предложенные многочисленные способы его использования; здесь будут лишь приведены те наиболее важные из них, по которым можно судить о степени развития выпрямителя и внедрения его в промышленность.

**Эксплоатация при низких напряжениях.** В технических статьях и книгах по выпрямителям в большинстве случаев придерживаются широко распространенного мнения, что при напряжениях ниже 500 В выпрямительная установка не может конкурировать с мотор-генераторными установками. Недавно опубликованное исследование [1] показывает, что внимательное изучение данного вопроса может часто привести к выводу, что выпрямитель фактически экономичнее мотор-генераторного агрегата даже и при 250 В. Выпрямитель, безусловно, имеет преимущество в отношении расходов на установку и по эксплоатации и, кроме того, имеет более легкое автоматическое управление. К этим преимуществам добавляется

еще экономия в потерях. Например, в работе, на которую мы только что ссылались [1], указывается экономия для установки с двумя выпрямителями на 460 kW, равная 840 дол. (4200 руб.) в год.

**Передача энергии постоянным током.** Большое значение этого способа передачи энергии для советского хозяйства неоднократно обсуждалось, поэтому нет необходимости еще раз здесь рассматривать этот вопрос. Хорошо известно, что основным препятствием практическому осуществлению установок подобного рода является отсутствие пригодного способа преобразования переменного тока в постоянный и, обратно, постоянного тока в переменный. Поэтому каждое значительное улучшение преобразователей заставляет вновь возвращаться к этой проблеме.

Вероятно, наиболее обстоятельные эксперименты по передаче постоянным током с применением ионных аппаратов были поставлены у фирмы GEC [2]. В установке этой фирмы были использованы тиатроны и она удовлетворительно работала в течение почти 6 мес. при напряжении 15 kV, развивая мощность 3000 kW. Такая установка, бесспорно, уже относится к классу силовых. Однако она все же очень далека от напряжений и мощностей, необходимых для осуществления современной передачи энергии постоянным током. Можно найти в литературе указания на гораздо большие возможности для осуществления передачи постоянным током, которые открываются в связи с последними достижениями в производстве высоковольтных выпрямителей. Фирма BBC, например, успешно закончила испытания [3] металлического многофазного выпрямителя на 60 kV и 2000 kW. Одновременно с этой фирмой Сименс успешно испытал один из своих выпрямителей на 50 kV, 10 000 kW. Следовательно, если воспользоваться схемой Эреншпергер [3] с последовательным соединением шести выпрямителей Сименса, то можно получить передачу напряжением 300 kV при мощности 60 000 kW. Несомненно, что это есть большое приближение к практическим требуемым величинам. Эреншпергер считает вполне возможной при таком напряжении передачу по кабелю с заземленной средней точкой.

**Питание прокатных станов.** Применение выпрямителей для питания нереверсивных моторов прокатных станов можно считать устаревшей практикой [5, 6]. Экономия при установке и эксплоатации и способность к тяжелым перегрузкам, присущая выпрямителям, выдигают его на первое место среди других аппаратов. Более скептически оценивалась возможность применения ртутных преобразователей для реверсивных прокатных станов вместо обычных мотор-генераторных агрегатов Леонарда. В это-

е ртутный преобразователь должен давать  
лько изменяющиеся напряжения для уско-  
и торможения мотора, но также обратно  
бразовать постоянный ток в переменный при  
перации. Такая установка была впервые  
ествлена в 1932 г. на заводе Гартенфельд  
ка. От последующих установок данного  
если не считать нескольких более мощной  
ювки, выполненной в 1934 г. для Южной  
ки, воздерживались в ожидании результатов  
юатации первой установки. Эти результаты  
ко опубликованы [6], и согласно им преобра-  
зательный агрегат Леонарда на 500 V, 110/170 kW  
гал в течение двух лет весьма удовлетвори-  
ю, что подтверждает надежность ртутных  
бразователей и в такой установке. Единст-  
ый вопрос, стоящий на пути широкого внед-  
я таких установок, — это их стоимость. По-  
ку в одном агрегате должно быть два  
бразователя — один на каждое направление  
ния, экономичность применения преобразо-  
ватель для небольших мощностей сомнительна,  
илиз [6] стоимости агрегата на 5200 kW по-  
вает значительную экономию его по сравне-  
с мотор-генераторным агрегатом.

**Советование частоты.** Часто возникает необходимость соединить две системы с различными частотами для взаимного обмена энергией. Для осуществления этой задачи за последние несколько лет были разработаны разнообразные способы, основанные на применении невращающейся ап-птуры. Большинство этих способов, однако, имеет недостаток, что они требуют абсолютнояного отношения частот; таким образом, нельзя пользоваться этими методами для объединения систем, каждая из которых имеет свою генераторную станцию. Сименс разработал метод, свободный от этих недостатков. Волна напряжения низкой частоты составляется из отдельных волн напряжения высокой частоты различных

еднее напряжение каждой фазы высокой частоты управляется сетками и непосредственно зависит от мгновенных значений напряжения низкой частоты. Таким образом величина напряжения, этого со стороны более высокой частоты в выпрямитель, будет колебаться около величины напряжения низкой частоты и она не зависит от отношения частот.

а система применена Сименсом в Заалах (ания) для питания однофазной ж.-д. линии троэнергиией частоты  $16\frac{2}{3}$  Hz от 50-периодной фазной линии передачи [7]. Преобразователь-аппаратура системы состоит из двух 12-анод-рутных преобразователей номинальной мощности 1000 kVA при 1600 V на однофазной стороне. Ею можно передавать в любое из двух направлений. Эта установка оказалась вполне нетворительной в эксплоатационном отношении. Можно отметить отсутствие аварий с преобразователями в течение всех 21 лет их работы, хотя на многочисленные к. з., имевшие место на стороне  $16\frac{2}{3}$  Hz, так и на стороне 50 Hz. На рис. 1 показано, какие формы волны напряжения были получены при эксплоатации этой установки. Следует отметить, что после получения осциллограмм форма волны однофазного

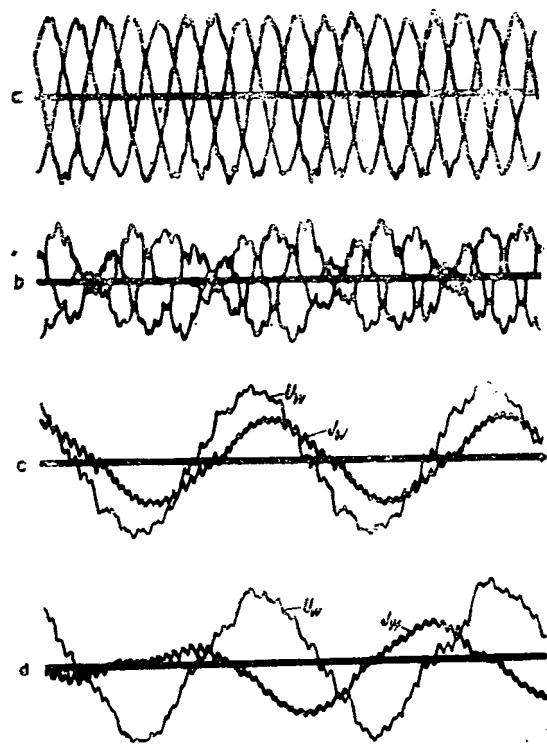


Рис. 1. Формы волны в установке преобразования частоты в Заалахе (Saalach). *a* — трехфазные напряжения; *b* — трехфазные токи; *c* — однофазные ток и напряжения; *d* — однофазные ток и напряжения при перемещении контроллера электровоза

напряжения была значительно улучшена при помощи фильтров.

**Ионные контроллеры для сварки.** Современные машины для точечной и шовной сварки почти все снабжены тем или другим типом ионного контроллера. Исключительно хорошо приспособленным к нуждам сварки оказался тип выпрямителя, в котором сеточное управление заменено управлением зажигания дуги. Такие выпрямители продаются теперь фирмами GEC и Вестингауз в большом количестве. Этот тип выпрямителя называется игнайтроном. Фотография современного игнайтронного сварочного агрегата дана на рис. 2. Пик тока этого агрегата равен 3500 А.

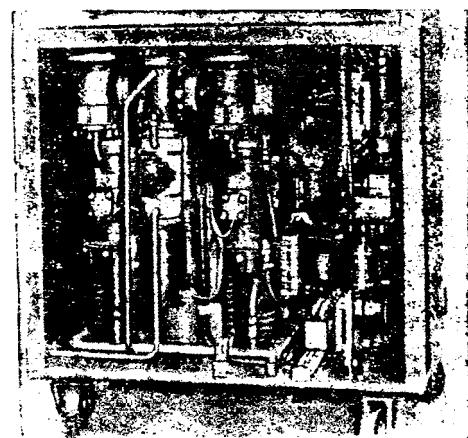


Рис. 2. Игнайтронный контроллер для электросварки

**Электрификация ж. д.** В электрификации ж. д. ртутный преобразователь может найти себе применение, помимо преобразования частоты, еще и для многих других целей. Одним из этих применений является установка выпрямителя непосредственно на электровозе, питание которого при этом будет производиться переменным током. Метод реализации этой идеи, предложенный в 1932 г. Рейхелем (Reichel), сотрудником фирмы Сименс, был одним из наиболее многообещающих и в настоящее время он все еще авторитетен в литературе [9]. Однако у нас нет никаких сведений относительно того, имеется ли уже в эксплуатации электровоз с такой системой питания.

Питание электрических ж. д. в течение многих лет производилось постоянным током, получаемым от выпрямителей, работающих параллельно с мотор-генераторными агрегатами и одноякорными преобразователями. По мере все большего и большего признания преимуществ выпрямителей возникало желание избежать применения вращающихся машин. Но для этого сначала необходимо было найти способ приема ртутными преобразователями энергии рекуперации; в этом случае преобразователь должен работать как обратный преобразователь. Со времени введения сеточного управления разработано несколько практических методов для получения необходимых характеристик обратного преобразования.

Первая магистральная ж. д., питание которой производится исключительно ртутными преобразователями, находится в Южной Африке. Она оборудована BBC и вступила в эксплуатацию в начале 1935 г. На подстанции находятся два преобразователя, из которых один постоянно используется для выпрямления переменного тока, а другой — для обратного преобразования постоянного тока (и имеется еще один в качестве резерва). Номинальная мощность выпрямителя равна 1500 kW при 3000 V, а номинальная мощность обратного преобразователя — 450 kW. Автоматическое сеточное управление этих преобразователей обеспечивает, во-первых, плавный переход от процесса выпрямления к обратному преобразованию без каких-либо переключений и, во-вторых, плавкие компаундные вольтамперные характеристики при первом и втором процессе работы. Типичный график нагрузки этой подстанции показан на рис. 3. Эта установка [3] находится на участке ж. д. с большими уклонами и тяжелыми условиями перегрузки, и ее работа за время больше года вполне удовлетворительна.

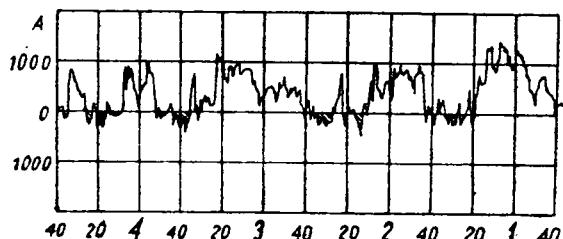


Рис. 3. График нагрузки преобразовательной подстанции

В Италии имеется аналогичная хорошо работающая установка, которая отличается от вышеупомянутой своей переключательной схемой уменьшения потребной мощности преобразователей.

Недавно [11] фирмой ВТН в Англии было проведено полное испытание ртутных преобразователей для установки, в которой выпрямители и обратные преобразователи должны работать без переключений. Эти испытания дали хорошие результаты. Согласно договору преобразователи должны уже теперь находиться в эксплуатации на ж. д. в Южной Африке. Заказ был сделан на преобразователи, которые в качестве выпрямителей имеют номинальную мощность 1667 kW при 3000 V каждый. По результатам испытаний преобразователи как выпрямители имеют коэффициент мощности 96%, а как обратные преобразователи — 94%.

При планировании электрификации советской ж. д. необходимо учесть этот опыт. Все результаты — удовлетворительные характеристики этой новой аппаратуры и ее необычайно быстрое внедрение — указывают на то, что та установка может дадут наилучшее решение вопроса электрификации ж. д.

Разрыв токов к. з. при помощи отрицательного напряжения, приложенного к сеткам ртутного выпрямителя, является всем хорошо известным методом по советской и иностранной литературе и поэтому мы на нем не будем останавливаться. Следует лишь упомянуть, что этот метод разрыва цепи тока получает все большее и большее распространение, и вряд ли современные мощные установки ртутных выпрямителей делаются без сеточного выключения.

**Высоковольтные выпрямители.** Выше уже упоминалось, что имеются значительные успехи в выпрямлении высоких напряжений. На рис. 4

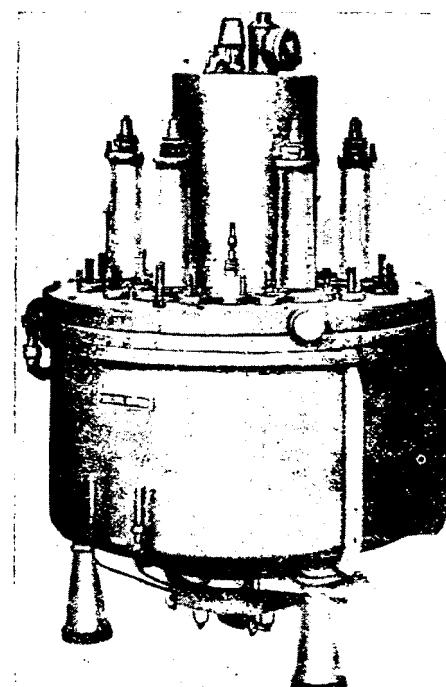


Рис. 4. Выпрямитель BBC на 50 кВ, 41 А

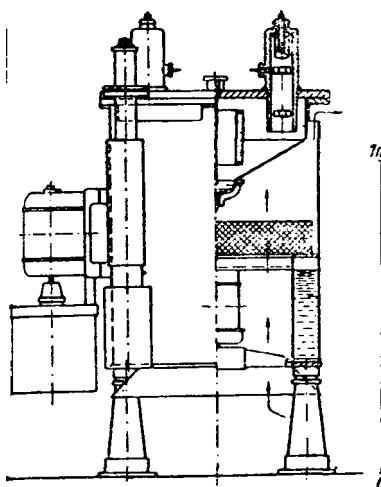


Рис. 5. Разрез высоковольтного выпрямителя Сименса

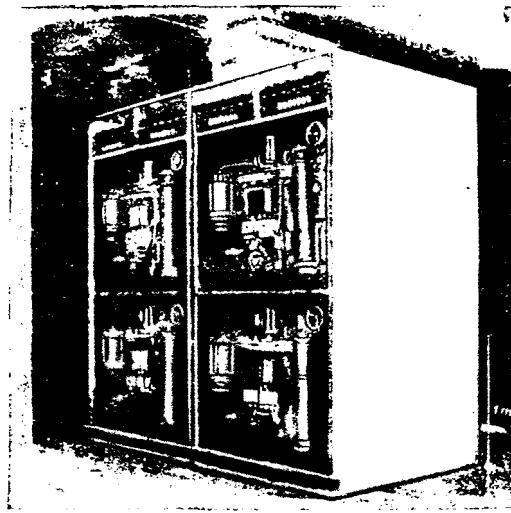


Рис. 6. Секционированный выпрямитель Вестингауз на 3000 kW

изводится фотография [12] получившего известность выпрямителя BBC на 50 кВ и 41 А. На рис. 5 [4] показан в разрезе выпрямитель Сименса на 50 кВ, 200 А, который успешно прошел все испытания. Эти достижения подтверждают тот факт, что металлические выпрямители могут успешно работать при отрицательном анодном напряжении в 100 кВ и одновременно с тем опровергают ошибочные предсказания, что напряжения в 10, 20 или 35 кВ являются предельными для выпрямителя.

Вполне вероятно, что когда возникнет потребность в выпрямлении более высоких напряжений, металлический выпрямитель сумеет и эту задачу выполнить.

**Выпрямители на большие токи.** Для большинства электрических машин справедливо то положение, что чем больше мощность единицы, тем выше ее к. п. д. Для выпрямителей, однако, справедливо почти противоположное [13], и потому здесь казалась бы невозможной тенденция проработки единицы на все большие и большие токи, что характерно для других электрических машин. Но лучшей школой все же является опыт, только после таких неудач, какие были у BBC выпрямителем на 16 000 А [3], конструкторы убедились [13] в том, что неактично строить выпрямители более чем 8000 А. Фирма Вестингауз ограничивавшая еще более низким пределом 1250 А. объединяя такие выпрямители одной общей рамой, фирма получает весьма выигрышные к. п. д. всего агрегата и стандартизацию отдельных частей. На рис. 6 показан такой выпрямитель [13].

**Выпрямители с малыми потерями.** Для таких рабочих напряжений и вообще в целях экономии энергии желательно уменьшить падение напряжения в дуге выпрямителей. BBC [12] пыталась понизить падение в дуге применением термоионного катода в металлическом выпрямителе с. 7. Решение это обладает существенным недостатком — жизнь выпрямителя очень непродолжительна. Игнайтрон, раз-

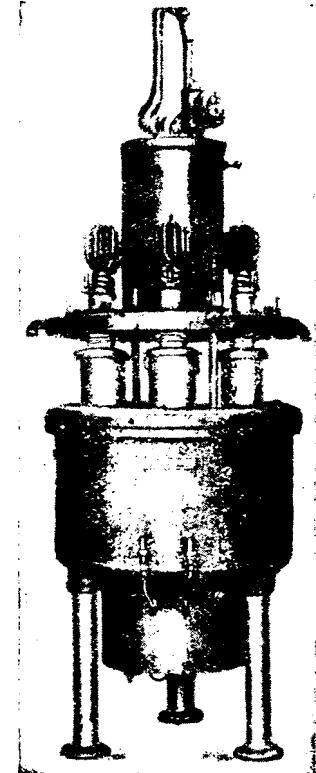


Рис. 7. Выпрямитель с термоионным катодом на 600 A

работанный фирмой Вестингауз, свободен от этих недостатков и обладает нормальным падением в дуге, равным примерно 12 В, что составляет лишь половину падения в обычном многофазном выпрямителе. На рис. 8 показан игнайтрон новейшего типа, который успешно работал при 600 В и 500 kW.

**Отпаянные выпрямители.** Металлический выпрямитель (рис. 9), изготовленный Дэленбахом [14], работал свыше года на одной ж.-д. подстанции без обратных зажиганий, хотя он и не был снабжен вакуумными насосами. Номинальное напряжение и ток этого выпрямителя равны 600 В и 200 А. Фирма Вестингауз в настоящее время также выпускает небольшие металлические одно-

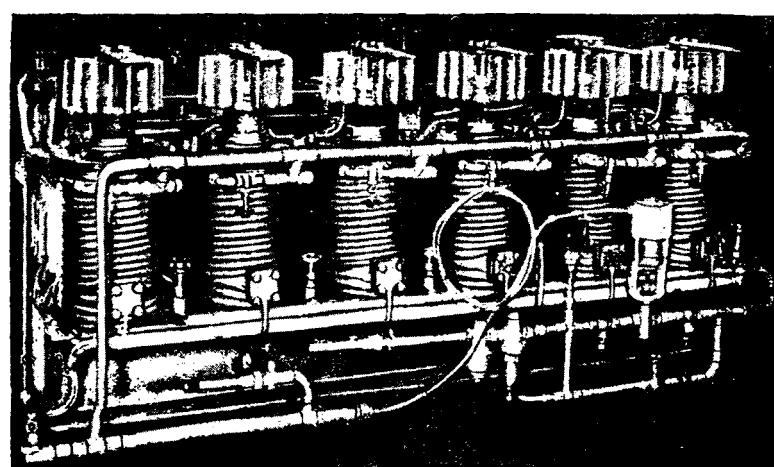


Рис. 8. 6-анодный игнайтрон

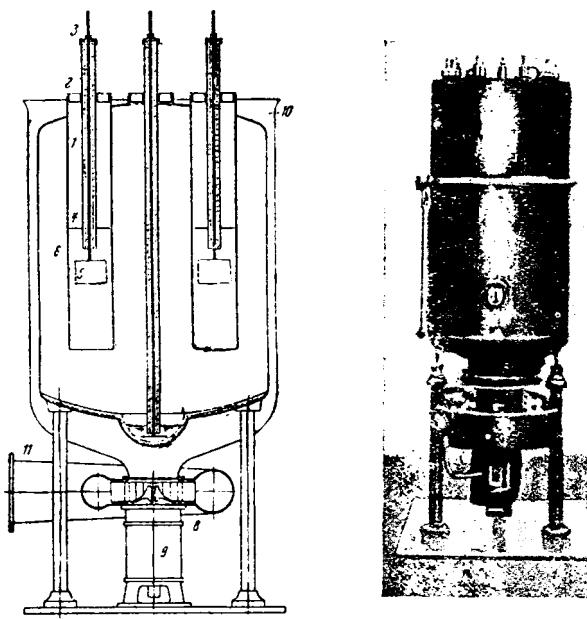


Рис. 9. Металлический выпрямитель без насоса

анодные игнайтрыны без насосов. Они предназначены преимущественно для однофазной схемы, если же соединить вместе 6 таких игнайтров в одну многофазную группу, то можно получить ток в 600 А при 600 В. Представляется весьма вероятным, что отпаянные выпрямители найдут себе применение лишь в виде небольших единиц по крайней мере в течение ближайших и даже многих лет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Behr, Electric Journal, March 1936.
2. Bedford, Elder, Willis, G. E. Rev., May 1936.
3. Ehrenspurger, Bulletin S. E. V., Nov. 1936.
4. Siemens, V. D. E. Fachberichte, стр. 82, 1935.
5. B. B. Mitt., Jan. — Feb. 1935.
6. Baudisch und Müller, Siemens Zs, Mai 1935.
7. Bosch, Electrische Bahnen, Sept. 1935.
8. Slepian, Electric Journal, June 1936.
9. Electric Railway Traction, Jan. 11 1935.
10. Leuthold, B. B. Mitt., Juli 1935.
11. The Engineer, July 17 1936.
12. B. B. Mitt., Jan. — Feb. 1935.
13. Siemens, V. D. I., Aug. 22 1936.
14. Dälenbach, Bulletin S. E. V., Nov. 1936.

## Выпрямители большой мощности завода „Электросила“ им. С. М. Кирова

MERCURY ARC POWER RECTIFIERS MANUFACTURED BY „ELECTROSILA“  
(LENINGRAD)

Л. М. Клячкин и Я. Л. Михеев  
Завод „Электросила“, им. С. М. Кирова

РТУТНЫЕ выпрямители большой мощности, металлической конструкции изготавливаются в Союзе исключительно заводом «Электросила» им. т. Кирова. С 1927 г. по 1 января 1937 г. завод выпустил 842 выпрямителя на общую мощность 644,08 MW постоянного тока.

В настоящее время заводом полностью освоены три нормальных типа выпрямителей: РВ-5а, РВ-10а и РВ-20.

В табл. 1 приведены значения токов и напряжений этих типов.

Ртутный выпрямитель состоит из: 1) вакуумного корпуса с электродами, системой охлаждения, ртутным насосом, ртутным вакуумметром и термометром; 2) форвакуумного агрегата, состоящего из форвакуумного бака, форвакуумных насосов и двигателя для его привода; 3) аппаратуры собственных нужд, включающей в себя: трансформатор возбуждения и зажигания, анодный реактор возбуждения, катодный реактор возбуждения, сопротивление зажигания и возбуждения и контактор зажигания (реле зажигания); 4) комплекта запасных частей. Все эти элементы поставляются заводом «Электросила» им. т. Кирова комплектно вместе с выпрямителем.

На рис. 1 приведен общий вид выпрямителя типа РВ-20.

**Элементы конструкции.** За последние два года

выпрямители подверглись реконструкции. На рис. 2 представлен разрез выпрямителя типа РВ-20.

Вакуумный корпус 1 делается из листовой стали толщиной 8—10 mm. Основные конусы корпуса штампуются в горячем состоянии и свариваются одним швом. Применение штампованных конусов увеличивает вакуумные свойства корпуса и упрощает процесс изготовления.

В настоящее время изготавливаются аноды, изображенные на рис. 3. Этот анод применяется для напряжений до 3300 В на стороне выпрямленного тока. Конструкция анода и назначение отдельных деталей ясны из рисунка. Головка анода выполняется из железа. Анодный стержень при помощи фарфоровой втулки изолирован по всей длине от корпуса выпрямителя, имеющего отличный от анода потенциал.

Основным отличием катода 3 реконструированного выпрямителя является замена шамотового щитка кварцевым, более надежным в эксплуатации. Изменено также несколько промежуточное кольцо: уменьшен диаметр отверстий, служащих для стока и фильтрации ртути, стекающей в катод.

Вспомогательные аноды также подвергались реконструкции.

Аноды возбуждения 4 по всей длине защищены

Гип	Номинальное напряжение выпрямленного тока при полной нагрузке, В	Номинальный выпрямленный ток A	Мощность, потребляемая трансформатором, kVA	Схема соединения (рис. 5)	Типовая мощность трансформатора kVA	Напряжение короткого замыкания трансформатора %	Разделяющая катушка		Анодные реакторы
							Разделяющая катушка	Анодные реакторы	
10a	230	600	172	1	320	4,0	Не применяется	—	—
	275	600	197	1	320	5,0			
	460	550	295	1	560	5,0			
	550	570	314	2	560	5,0			
	600	500	342	2	560	5,5			
10a	230	1200	342	1	560	4,0	Не применяется	—	—
	275	1200	384	1	560	5,0			
	460	1100	595	1	1000	5,0			
	550	1000	630	2	1000	5,5			
	600	1000	675	2	1000	6,0			
	825	910	760	2	1000	6,0			
	1650	606	1120	2	1800	7,5			
	230	2200	620	3	1000	4,0			
20	275	2200	730	3	1000	5,0	КРОМ 66/35	РАТМ 10,20 2 шт.	—
	460	2100	1130	3	1800	7,5			
	550	2000	1265	3	1800	6,5			
	600	2000	1400	3	1800	7,5			
	825	1600	1535	3	1800	7,5			
	1650	820	1525	3	1800	7,5			
	3300	606	2255	3	3200	8,0			

фровыми трубками. Наконечник анода зажигания делается из молибдена. Кроме того, как из рис. 2, аноды возбуждения и зажигания

размещаются на отдельных фланцах, что упрощает их сборку и повышает надежность работы выпрямителя.

Принципиальная схема возбуждения и зажига-

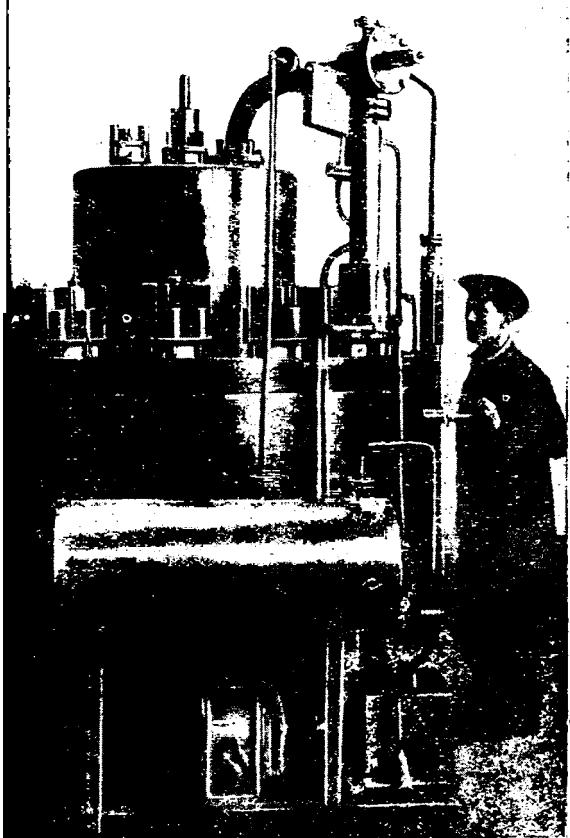


Рис. 1. Общий вид выпрямителя РВ-20

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

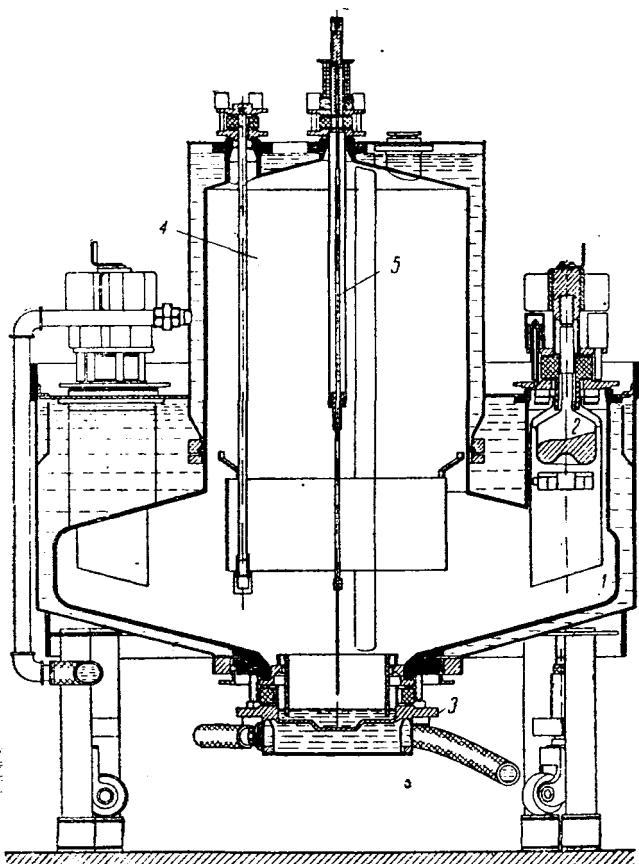


Рис. 2. Разрез выпрямителя РВ-20

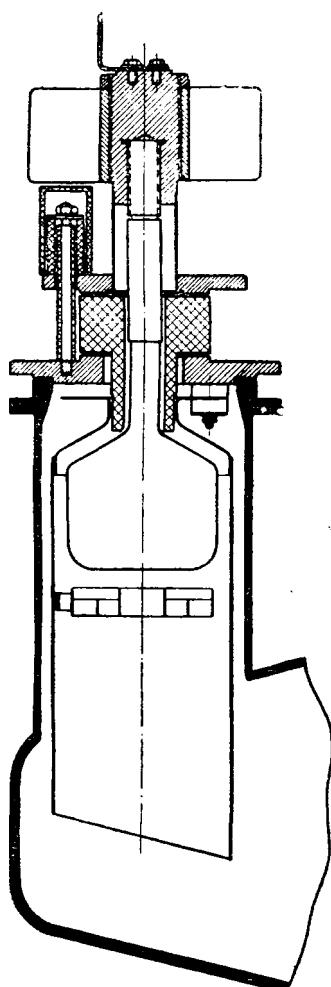


Рис. 3. Разрез анода к выпрямителю РВ-20

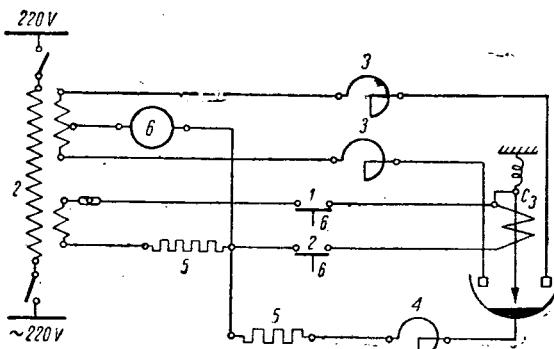


Рис. 4. Принципиальная схема возбуждения и зажигания

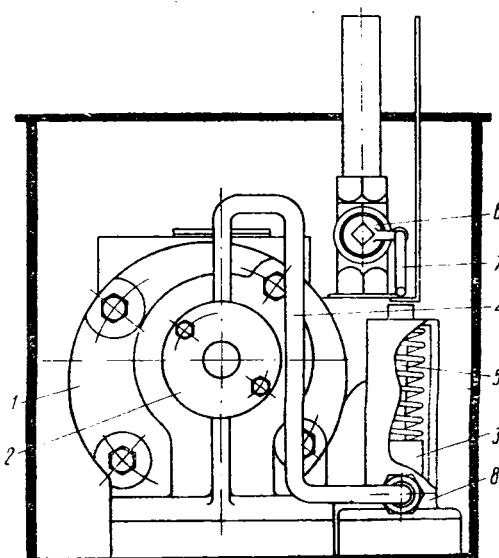


Рис. 6. Форвакуумный насос

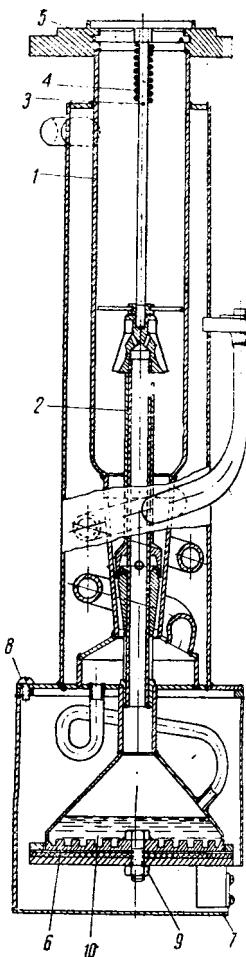


Рис. 5. Разрез ртутной  
насоса

ния представлена на рис. 4. При подаче напряжения на первичную обмотку трансформатора 2 ток проходит через катушку соленоида  $C_3$ , и анод зажигания, опускаясь, дает контакт со ртутью катода; в этот момент катушка шунтируется, и пружина возвращает анод зажигания в исходное положение. В момент выхода анода из ртути появляется искра, загорается дуга на анодах возбуждения, и контакты 1—2 реле 6 разрывают цепь зажигания.

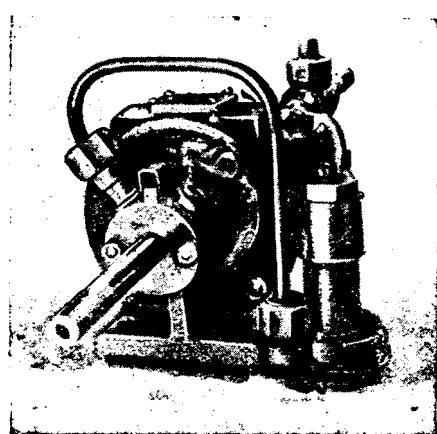


Рис. 7. Общий вид форвакуумного насоса

Ртутный двухступенчатый насос (рис. 5) дает производительностью до 40 l/sec и может работать при противодавлении, достигающем 2 mm рт. ст. Расход энергии на нагрев печки составляет 600—700 W.

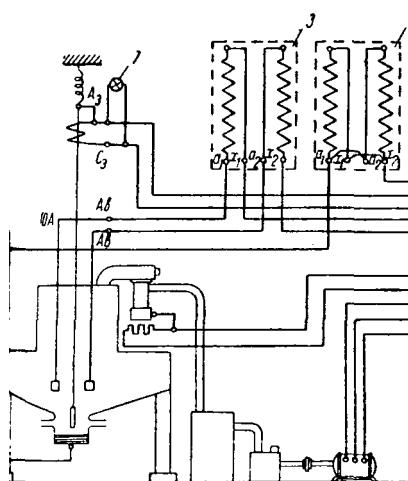
В форвакуумном насосе изменена конструкция автоматического открытия и закрытия (рис. 6). Пробковый кран 6 связан через шар 7 и рычаг с поршнем 3. Пружина 5 удерживает пробку в положении «закрыто». При пуске насоса поршень под давлением масла, поступающего в трубке 4 в цилиндр из нагнетательного насоса, поднимается вверх и при помощи рычага поворачивает пробку крана в положение «открыто». Остановке электродвигателя насоса пружина 5 вращает поршень в нижнее положение.

На рис. 7 представлен снимок с форвакуум насоса с автоматическим краном.

**Схема собственных нужд.** Схема собственных нужд выпрямителя представлена на рис. 8.1 монтаже на месте установки трансформаторы и реакторы 1, 2, 3 и 4 устанавливаются ряд с выпрямителем или непосредственно под в подвале. Сопротивления 5 и контактор 6 жестко устанавливаются рядом с выпрямителем на для облегчения контроля над работой зажигания и возбуждения. Контрольная лампа 7 монтируется на самом выпрямителе.

Секции первичных обмоток трансформатора

при первичном напряжении 220 V соединяется последовательно, а при первичном напряжении 10 V — параллельно.



Вспомогательная проводка к выпрямителю выполнена последнего на напряжение выпрямленного тока:

20 275 V выполняется с изоляцией на 1000 V  
825 V " " " 2000 V  
3300 V " " " 6000 V

и собственных нужд подстанции может приводиться также и напряжение 380 V с выведенным

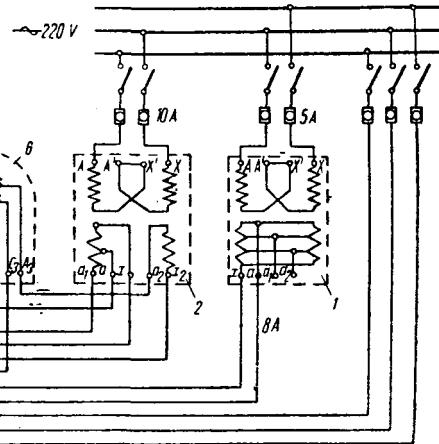


Рис. 8. Схема собственных нужд выпрямителя

нулевым проводом для получения напряжения 220 V, необходимого для упомянутых трансформаторов.

В табл. 1 приведены данные, характеризующие нормальные выпрямители и их схему включения. На рис. 9 приведены три основных схемы включения.

Схема звезды — двойной зигзаг употребляется для выпрямителей небольшой мощности. Она ценна своей простотой: вся схема питания состоит из одного трансформатора.

Диаграммы векторов и условное обозначение	Читается	Применяется	Расположение выводов на крышке
<p>сторона переменного тока</p>	Звезда — двойной зигзаг	Для 6-гнодных ртутных выпрямителей на напряжение выпрямленного тока не выше 460 V	
	Звезда — две обратные звезды с разделяющей катушкой	Для 6-анодных ртутных выпрямителей на напряжение от 550 V и выше	
	Звезда — две обратные звезды с разделяющей катушкой и анодными делительными реакторами	Для ртутных выпрямителей с 12 анодами и напряжением от 230 V и выше	

Рис. 9. Схемы включения трансформаторов выпрямителей  
Вологодская областная универсальная научная библиотека  
www.booksite.ru

Схема звезды—две обратных звезды с разделяющей катушкой применяется для выпрямителей большой мощности. Схема облегчает работу выпрямителя и улучшает характеристики установки. По существу разделяющая катушка является однофазным трансформатором. Отсюда и ее типовое обозначение — КРОМ: катушка разделяющая однофазная масляная.

Выпрямленное напряжение при этой схеме приведено в табл. 2 и соответствует полной нагрузке. При холостом ходе оно выше на 5—8%. В схемах с разделяющей катушкой при спадании нагрузки от 1% до 0 появляется еще скачок напряжения +15%. Это повышение можно снять балластной нагрузкой в 1% от номинальной или подмагничением катушки от специального упротеля частоты (изготавливается Электрозводом).

Для питания 12-анодных выпрямителей от 6-фазных трансформаторов в схему включаются анодные реакторы для равномерного распределения тока каждой фазы по двум параллельно работающим анодам. Между каждым шестифазным трансформатором и 12-анодным выпрямителем включаются два анодных реактора с трехфазными сердечниками каждый. Отсюда обозначение типа РАТМ: реактор анодный трехфазный масляный.

Из установок, выполненных в последнее время, отметим следующие.

В первую очередь — установки на московском метрополитене. Как и всюду, электрическая тяга на метро осуществлена на постоянном токе. Преобразование тока осуществляется ртутными выпрямителями завода «Электросила». Для первой очереди установлены 16 выпрямителей типа РВ-20 на 825 В, 1640 А каждый на четырех подстанциях: Сокольнической, Красноворотской, Центральной и Крымской.

В 1935 г. электрифицированы многие участки магистральных железных дорог: Тбилиси — Хашури (Закавказская ж. д.); Запорожье — Долгинцево (Сталинская ж. д.); Свердловск — Гороблагодатская (Пермская ж. д.) и Кандалакша — Кировск (Кировская ж. д.). В отличие от двух участков Закавказской ж. д., электрифицированных в 1933 г., где были установлены из соображений рекуперации энергии моторгенераторы, на всех перечисленных участках преобразование тока осуществляется ртутными выпрямителями.

В табл. 2 приведено число обратных зажиганий, случившихся с начала эксплоатации на трех станциях электрифицированного участка Запорожье — Каганович, Сталинской ж. д., вступив в эксплоатацию в конце 1934 г.

Сравнительно небольшое число обратных

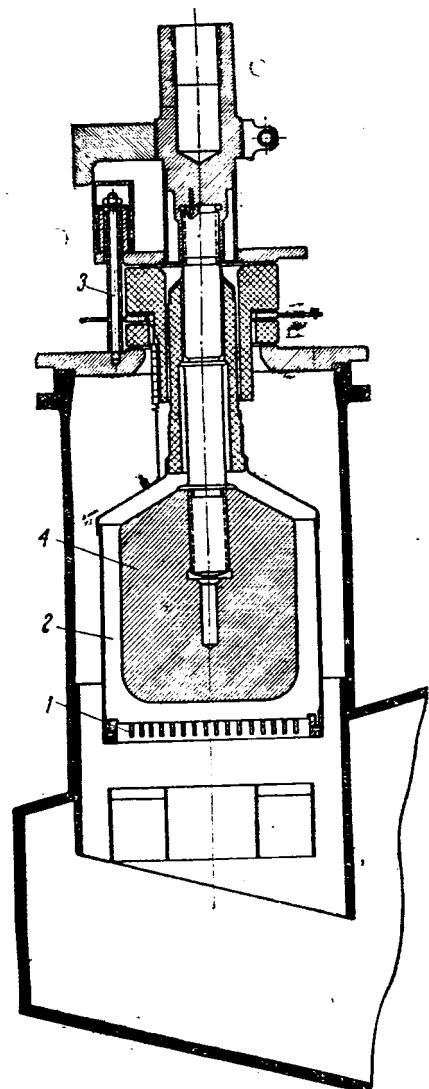


Рис. 10. Разрез анода с управляющей сеткой

Таблица

Количество обратных зажиганий для подстанций Сталинской ж. д.

Подстанция	№ РВ	1934 г.		1935 г.												1936 г.					
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
Запорожье левое . . .	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	2	4	3	3	—	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Канцеровка . . . .	1	3	2	2	11	1	2	0	0	2	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	2	—	—	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0
Марганец . . . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	2	—	—	—	—	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
	3	—	—	—	—	4	11	34	0	1	6	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0

ции характеризует хорошую работу выпрямителей на 3300 В.

Некоторое увеличение количества обратных зажиганий в феврале 1936 г. объясняется тем, что ваемая выпрямителями мощность была повышена на 50% против номинальной без дополнительной формовки выпрямителей на соответствующую силу тока. В марте, после того как выпрямители отформовались, количество обратных зажиганий сошло до нуля.

**Любые типы выпрямителей.** Кроме указанных выше настоящей статьи типов, завод с 1936 г. ступил к производству выпрямителей типа РВ-70. Первый тип предназначается, таким образом, для подстанций метрополитена напряжение 825 В, 2900 А на стороне выпрямленного тока. Выпрямитель типа РВ-70 строится ток 5000 А при напряжении до 825 В и предначинается в основном для электрохимической промышленности и цветной металлургии. Эти типы выпрямителей, как правило, исполняются управляемыми сетками как для регулирования напряжения, так и для защиты при коротких замыканиях и обратных зажиганиях. Для этой цели выпрямители снабжаются специальными анодами сетками и необходимой аппаратурой. Конструкция анода выпрямителя типа РВ-70 с управляющей сеткой представлена на рис. 10. Управляющая сетка 1 монтируется на монтаже 2. Подача эмиссии на сетку производится через фланец 3. Головка анода 4 выполняется из специального графита, выдерживающего безболезненно высокую температуру. Это дает большую гарантированную работу выпрямителя.

Схема включения сеточной аппаратуры представлена на рис. 11. Специальный фазорегулятор имеет возможность подавать напряжение от инвертора сеток 2 с тем или иным сдвигом относительно напряжения анода. Мотор-генератор 3 служит для подачи отрицательного потенциала на сетки в момент обратных зажиганий к. з.

Быстро действующее реле 4 действует от трансistorов тока 5. В момент сверхтоков барьеры разрядники 6 пробиваются, и контакты реле имеют отрицательный потенциал на сетки выпрямителя.

В 1935 г. заводом был разработан и изготовлен выпрямитель типа РВ-1/150 на 12 000 В, 1000 кВт. Выпрямитель предназначается для питания ламповых генераторов мощных радиостанций.

Нешний вид его представлен на рисунке, помещенном на обложке журнала.

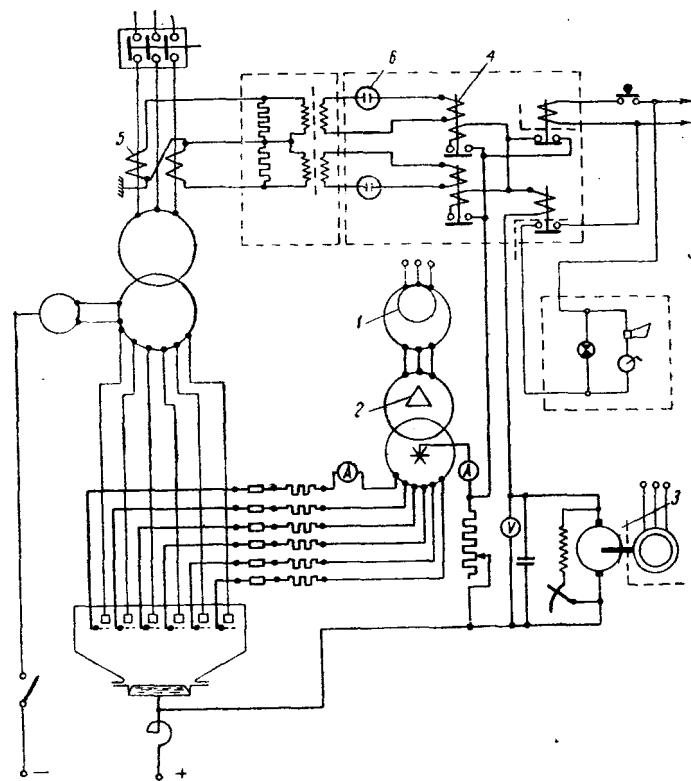


Рис. 11. Схема включения сеточной аппаратуры

Для РВ-1/150 был использован корпус выпрямителя типа РВ-10, были сконструированы специальные аноды с управляющими сетками для регулировки напряжения и для защиты при обратных зажиганиях.

В 1936 г. заводом изготовлен также выпрямитель однофазного тока типа РВ-20/Э на 1500 В, 2000 кВт, который предназначается для установки на специальном электровозе однофазно-постоянного тока. Конструкция разработана для работы выпрямителя в условиях тряски при езде. Форваркумная система смонтирована на корпусе, главные аноды сбалансированы, вспомогательные аноды укреплены пружинами; ртуть катода амортизирована специальным приспособлением. Сам выпрямитель подвешен на установочной раме на пружинах. Из соображений компактности оборудования на электровозе весь выпрямитель спроектирован чрезвычайно компактно.

Из работ 1936 г. следует упомянуть еще о разработке конструкции управляемого однофазного выпрямителя, предназначенного для качественной сварки.

# Схемы включения ртутных выпрямителей завода „Электросила им. С. М. Кирова“

DIAGRAM OF CONNECTION OF MERCURY RECTIFIERS MANUFACTURED BY „ELECTROSILA“-WORKS (IN LENINGRAD)

М. А. Асташ  
Завод «Электросила»  
им. С. М. Кирова

Несколько останавливаясь на сравнении многочисленных схем питания ртутных выпрямителей, укажем только основные свойства, преимущества и недостатки нормальных схем питания мощных выпрямителей, применяемых на заводе «Электросила».

Схемы питания ртутных выпрямителей могут быть различными, и число возможных схем довольно велико. Например, в книге О. Марти и Г. Виноград «Ртутные выпрямители большой мощности» приведены 18 шестифазных схем и 16 двенадцатифазных.

На заводе «Электросила» приняты как стандартные две схемы: 1) звезда — двойной зигзаг; 2) звезда — две обратных звезды<sup>1</sup>.

При выборе стандартных схем в основном руководствовались простотой и надежностью трансформатора, считая наиболее существенным свойством схемы ее надежность в эксплуатации.

Обе схемы дают выпрямленный ток, соответствующий шестифазному режиму.

Шестианодные выпрямители РВ-5 и РВ-10 приключаются своими анодами непосредственно к шести фазам трансформатора.

Выпрямители типа РВ-20, РВ-40 и РВ-70, имеющие по 12 анодов, не могут быть приключены непосредственно к трансформаторам, выполненным по принятым на заводе стандартным схемам, так как аноды нельзя включать параллельно непосредственно. Для питания двенадцатианодных выпрямителей по шестифазному режиму могут быть применены два способа деления токов между анодами:

1) деление фазного тока трансформатора между двумя анодами, питающимися от одной фазы трансформатора, посредством анодных реакторов;

2) расщепление вторичной обмотки трансформатора на параллельные ветви.

Казалось бы, что второй способ значительно лучше первого, так как он не требует дополнительных аппаратов — анодных реакторов. Однако практика показала, что обмотки трансформаторов с параллельными ветвями, выполняемых Электрозаводом, недостаточно прочны механически и часто разрушаются при коротких замыканиях и обратных зажиганиях.

Поэтому специальное совещание в Главэнергопроме в марте 1935 г. постановило отказаться от изготовления трансформаторов с параллельными ветвями и применять для деления тока между анодами только анодные реакторы.

Таким образом из числа четырех схем, указанных в ОСТ 6393, остались только две, упомянутые выше и применяемые для всех типов выпрямителей. Эти схемы значатся в ОСТ 6393 № 1 и 3.

Основное преимущество первой схемы звезда — двойной зигзаг — прямолинейная внешняя характеристика без пика холостого хода. Эта схема имеет еще другое преимущество сравнительно с второй — это отсутствие разделяющей катушки, что особенно существенно для управляемых выпрямителей, так как в этом случае разделяющая катушка должна быть спроектирована на повышенную мощность.

Недостатком схемы двойной зигзаг является шестифазный режим работы анодов и сравнительно сложная конструкция обмотки трансформатора.

В связи с этим схема звезда — двойной зигзаг, как правило, применяется для небольших мощностей выпрямленного тока. Однако возможно, что для управляемых выпрямителей с широким диапазоном регулировки благодаря отсутствию разделяющей катушки эта схема будет применяться и для больших мощностей.

Существенное преимущество схемы звезда — две обратных звезды — большая продолжительность горения анода — одна треть периода (при учете перекрытия). Благодаря этому выпрямленный ток в любой момент времени делится между двумя анодами, и, следовательно, амплитуда анодного тока равна половине его.

Внешняя характеристика этой схемы имеет резкое падение напряжения на участке от холостого хода до нагрузки, равной приблизительно одному проценту номинальной; дальше характеристика идет более полого, чем в случае схемы звезда — двойной зигзаг (при той же реактивности трансформатора).

Малый наклон внешней характеристики при больших нагрузках является преимуществом схемы звезда — две обратных звезды, а относительно большое падение напряжения от холостого хода до некоторой небольшой нагрузки, называемой обычно «пиком холостого хода», является ее недостатком.

Для устранения пика холостого хода там, где это требуется, обычно ставят балластное сопротивление, не допуская тем самым уменьшения нагрузки до нуля.

Для уменьшения величины тока балластного сопротивления можно рекомендовать приключить конденсаторы параллельно катушке. Эти конденсаторы должны быть взяты такой величины, чтобы по возможности полностью компенсировать намагничивающий ток разделяющей катушки.

В последнее время Электрозаводом разработаны

<sup>1</sup> Схемы эти изображены на рис. 9 статьи инж. Л. М. Клячко и Я. Л. Михелиса. «Выпрямители большой мощности завода „Электросила“ им. С. М. Кирова» в настоящем номере „Электричества“.

льный статический утроитель частоты для ведения разделяющей катушки. Посредством утроителя пик холостого хода может быть полностью устранен при сравнительно небольшом количестве энергии.

Утроитель частоты представляет собой группу однофазных трансформаторов, работающих сравнительно большой индукции в железе. Одна обмотка утроителя частоты соединена между ней, а вторичная — в треугольник, в одной из сторон которого обмотки разомкнуты. В разомкнутом месте треугольника получается напряжение частоты, которое используется для ведения разделяющей катушки.

На завод помещает утроитель частоты и два реакторы в общий кожух и называет этот объект РУМ (реактор, утроитель масляный).

При этом имеется в виду, что при регулировании напряжения сетками при более значительном снижении выпрямленного напряжения утроитель не будет выполнять своего функционирования. Дело в том, что при регулировании напряжение на разделяющей катушке увеличивается, а напряжение, даваемое утроителем, уменьшается.

При применении утроителя частоты вновь с управляемыми ртутными выпрямителями следует предусматривать возможность разборки без него.

В крупных промышленных установках часто имеется, что сравнительно большое число мощных выпрямителей должно работать параллельно. Такие установки имеют некоторые особенности. Остановимся на наиболее характерных. Участвуя в параллельной работе большого числа таких выпрямителей на постоянную нагрузку, например электролизные ванны, завод «Электропитание» питает два выпрямителя от одного трансформатора. Трансформатор выполняется таким образом, что в случае необходимости питать им один выпрямитель падение напряжения не будет же, что и при работе обоих выпрямите-

лей. Существуя мы здесь возвращаемся к схеме параллельными ветвями, от которой отказались из-за нормальной по соображениям недостаточности трансформаторов с параллельными ветвями. Однако в данном случае это не опасно, так как параллельное питание двух выпрямителей одного трансформатора применяется только для мощных ртутных выпрямителей, и, следовательно, мощность трансформаторов в этом случае будет также большой, а большие трансформаторы легче построить механически проч-

и параллельной работе многих мощных выпрямителей, когда номинальный выпрямленный ток достигает 30 000—40 000 А, создаются специальные условия для трансформатора при обратном зажигании в одном из выпрямителей. В этом случае, проходя через обмотку трансформатора, присоединенную к дефектному аноду, может пройти большой ток к. з., идущий от шин постоянного тока выпрямителю в обратном направлении, если нагрузка имеет противоводействующую силу (как например, электролизные ванны).

При параллельной работе выпрямителей каждый из них приключается к шинам через быстродействующий автомат обратного тока. Назначение этого автомата — отключить от шин постоянного тока тот выпрямитель, в котором произошло обратное зажигание, прежде чем ток к. з., проходящий от шин постоянного тока через автомат и обмотку трансформатора, присоединенную к дефектному аноду, достигнет установленного значения.

В рассматриваемом нами случае параллельной работы мощных ртутных выпрямителей максимальное мгновенное значение тока, идущего при обратном зажигании от шин к дефектному выпрямителю, может достигнуть весьма большой величины, прежде чем быстродействующий автомат разомкнет цепь.

Для уменьшения амплитуды этого тока к. з. можно или увеличить скорость срабатывания быстродействующего автомата или уменьшить скорость нарастания тока к. з.

Быстродействующие автоматы, изготавляемые и применяемые заводом «Электросила», имеют весьма большую скорость срабатывания, и увеличивать ее в настоящее время не представляется возможным, поэтому заводом применяется второй способ, и для этой цели ртутные выпрямители подключаются к шинам постоянного тока через реакторы, как это показано на рис. 1.

Индуктивность реакторов определяется, исходя из скорости срабатывания быстродействующего автомата, допустимой амплитуды тока к. з. и постоянных цепи и обычно имеет величину порядка нескольких десятых долей миллиампера.

Эти же реакторы служат для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, что особенно существенно при регулировании выпрямленного напряжения сетками.

Другой существенный вопрос, который возникает при проектировании мощных установок

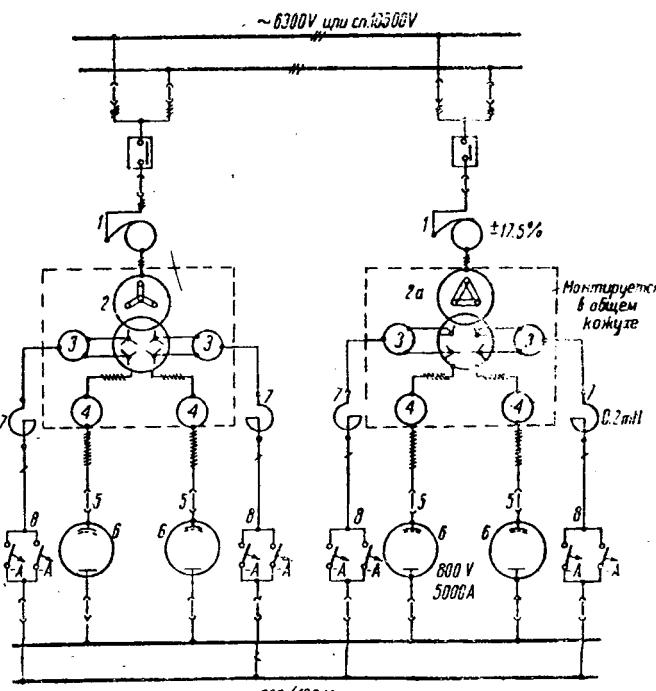


Рис. 1

с ртутными выпрямителями — это вопрос о гармониках на стороне переменного тока.

Как известно, первичный ток трансформатора, питающего ртутный выпрямитель, отличается по форме от синусоиды и содержит высшие гармоники. Эти гармоники вызывают дополнительный нагрев генератора и сети, а потому желательно, чтобы величина их была по возможности меньше.

Прежде всего следует отметить, что величина гармоник в действительности значительно меньше, чем получается по расчету. Так, по опытным данным Brown and Smith<sup>2</sup> для шестифазного выпрямителя пятая гармоника равна 6,5—10% основной вместо теоретических (без учета самоиндукций) 20%, а седьмая гармоника соответственно 5,2—6,0% вместо 14,3%.

Для компенсации пятой и седьмой гармоники первичного тока завод «Электросила» применяет схему, изображенную на рис. 1. Как видно из схемы, один из трансформаторов имеет на первичной стороне обмотку, соединенную в треугольник, а другой — в звезду, благодаря чему получается сдвиг на 30° фазных напряжений и токов, что и дает компенсацию пятой и седьмой гармоники.

Такой способ позволяет иметь трансформаторы в шестифазном выполнении, т. е. простыми и надежными, а режим работы — эквивалентный двенадцатифазному.

На рис. 1 изображена типовая схема преобразовательной подстанции с мощными ртутными выпрямителями, при проектировании которой учтены приведенные выше соображения. Опишем вкратце схему этой подстанции.

Первичное напряжение подается от шин через разъединители и масляный выключатель к регулировочному автотрансформатору 1.

Автотрансформатор служит для регулирования

напряжения в широких пределах. От регулируемого автотрансформатора напряжение подается питающему трансформатору 2 или 2а. Как из схемы, трансформатор 2 имеет первичную обмотку, соединенную звездой, а другой — треугольник. Это сделано для того, чтобы исключить пятую и седьмую гармонику первичного тока.

Первичные обмотки обоих трансформаторов имеют переключение с параллельного соединения на последовательное для снижения выпрямленного напряжения в два раза.

Для уменьшения общих габаритов подстанции, здесь, кроме питания двух выпрямителей анодного трансформатора, использовано еще нововведение: разделяющие катушки 3 и анодные реакторы 4 встроены в кожух питающего трансформатора.

Реакторы 7 служат для указанной ранее цели, т. е. для уменьшения скорости нарастания пульсаций.

Быстро действующие автоматы 8 включены в два параллельно, так как выпрямленный ток в нормальном случае большой, а построить автомат с такой скоростью срабатывания на большой выпрямленный ток затруднительно.

К шинам постоянного тока выпрямители подключаются через разъединители.

Регулирование напряжения в этой схеме может быть осуществлено тремя способами:

1) переключением первичной обмотки трансформаторов с параллельного на последовательное соединение (в два раза);

2) регулировочным трансформатором (ступенями по несколько процентов);

3) управляющими сетками (плавно).

Комбинируя все три способа, можно иметь полное регулирование выпрямленного напряжения в широких пределах при хорошем коэффициенте мощности.

<sup>2</sup> Transactions AIEE, December 1933.

## Падение в дуге металлического ртутного выпрямителя

SOME EXPERIMENTAL DATA ON VOLTAGE DROP IN METAL-CLAD MERCURY RECTIFIER ARC.

В. И. Дроздов и И. М. Кенин

Завод «Электросила» и  
Кирова

на это распределение. Располагая кривыми распределения потенциала и сравнивая их с кривыми падения для тех же условий, можно было бы точно ответить на поставленный вопрос. В этом направлении проводятся работы<sup>1</sup> на заводе «Электросила».

В настоящей статье приводятся только некоторые данные о влиянии следующих факторов: конструкции, схемы, нагрузки и температуры корпуса.

<sup>1</sup> См. В. И. Дроздов, И. М. Кенин, Н. Н. Кихов. Распределение потенциала в дуге металлического выпрямителя в этом номере «Электричества».

До настоящего времени вопрос о влиянии различных режимов работы выпрямителя на форму кривой падения в дуге, а также на среднюю величину падения не является достаточно выясненным. Нужно к тому же заметить, что характер кривой падения и величина его зависят не только от режима выпрямителя, но также и от конструкции анода.

Форма кривой и суммарная величина падения являются далеко не достаточными данными для подробного анализа влияния различных факторов; для этого необходимо знать распределение потенциала анод—катод и влияние тех же факторов

**Методы измерения.** В основном для измерения падения в дуге применялся метод осциллографирования напряжения анод—катод. Этот способ, как известно, имеет то преимущество, что дает возможность судить о характере падения в течение всего периода горения анода. Применявшаяся нами схема представлена на рис. 1.

В тех случаях, когда характер кривой падения дуге не представляет интереса или затруднено осциллографирование, например, в условиях эксплуатации, максимальное значение падения может быть определено при помощи пик-вольтметра. Использованная нами схема пик-вольтметра показана на рис. 2.

Работа схемы состоит в том, что при горении дуги через кенотрон 1 проходит ток и заряжает конденсатор 2 до величины максимального пикового значения падения в дуге. В период негорения анода конденсатор разряжается на шунтирующее его сопротивление 3 и гальванометр 4. Показания гальванометра отличаются не более чем на 10% от действительного пикового значения падения.

Средняя величина падения в дуге может быть определена по расходу воды из следующего простого соотношения:

$$1000 \frac{V(t_2 - t_1)}{60} + Q' = 0,24 I_g \Delta U_g,$$

где  $V$ —расход воды в  $\frac{1}{\text{мин}}$ ;

$t_1, t_2$ —соответственно температура вытекающей и входящей воды в  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Q'$ —тепло, излучаемое корпусом, в  $\text{cal}$  (около 10%).

Проведенные опыты показали, что точность измерения средней величины падения помощью этого метода лежит в пределах 10%.

**Форма кривой падения.** Как показывают многослойные осциллограммы, все разнообразные формы кривой падения могут быть сведены к основным трем видам, представленным на рис. 3. Форма I с зажигающим пиком характерна для высоких температур корпуса выпрямителя (20—25%) при малых нагрузках (до 5%). По мере повышения температуры корпуса или увеличения нагрузки пик уменьшается, и кривая падения принимает форму II.

В зависимости от конструкции анода этот пик исчезает совсем или сохраняет некоторое минимальное постоянное значение (рис. 4).

Форма кривой I с большим зажигающим пиком может быть объяснена следующим образом: зажигающий потенциал обусловлен слоем электрона, образующимся в период времени, непосредственно предшествующий зажиганию анода. Зажигание анода происходит в тот момент, когда он пробивается электронами, получившими на этом свободному пути  $\lambda$  энергию ионизации  $W$ , т. е. обратно пропорционален плотности паров этилового спирта, а плотность в свою очередь определяется температурой стенок корпуса и интенсивностью излучения ртути с катода, зависящей от силы тока. При малых плотностях паров—низкая температура корпуса и малый ток— $\lambda$  велико по срав-

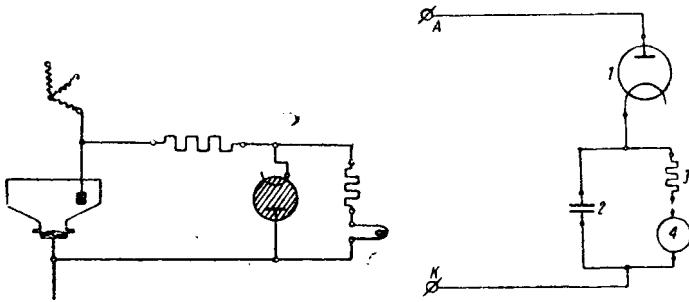


Рис. 1. Схема осциллографирования падения в дуге

Рис. 2. Схема пик-вольтметра

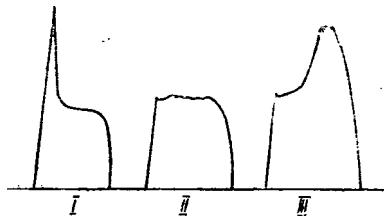


Рис. 3. Три основных формы кривых падения в дуге

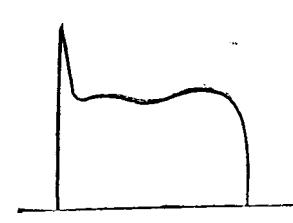


Рис. 4

нению с толщиной слоя  $x$ . Для зажигания анода потребуется тогда большее напряжение, так как вероятность столкновения

молекулами пара на пути  $x$  равна  $1 - e^{-\frac{x}{\lambda}}$ , а  $x$  увеличивается пропорционально  $t^{\frac{3}{4}}$  ( $t$ —разность потенциалов в слое). На уменьшение величины пика может влиять повышение температуры корпуса при малом токе, что чаще встречается, или повышение нагрузки при неизменной низкой температуре корпуса; который из этих двух факторов доминирующий, зависит от того, влияние какого из них является преобладающим на результирующую величину плотности пара в манжете анода. Количественно это учесть пока трудно, но конструкция играет здесь существенную роль. Форму кривой падения II следует считать отвечающей нормальным условиям работы выпрямителя как в смысле температуры корпуса, так и нагрузки. Для некоторых конструкций и схем питания эта форма II имеет несколько иной вид. Так, на рис. 4 представлена кривая падения в дуге выпрямителя с корпусом несколько устаревшей конструкции (более длинные анодные рукава, аноды с длинными манжетами и высокими фильтрами (50 мкм), снятая на Клинской трамвайной подстанции в Ленинграде).

Форма кривой падения III характерна для высоких температур корпуса и больших нагрузок а также для значительных перегрузок (например, РВ-20 на 4000 А). Она обычно получается при режимах, сопровождающихся перенапряжениями. Этой форме кривой с типичным так называемым «горбом» в конце периода горения анода и сопутствующим ей процессам можно дать следующее объяснение.

Как можно видеть на кривой распределения потенциала, при понижении температуры корпуса вблизи анода появляются значительные градиенты потенциала (до  $2 \frac{V}{cm}$ ), ускоряющие электроны

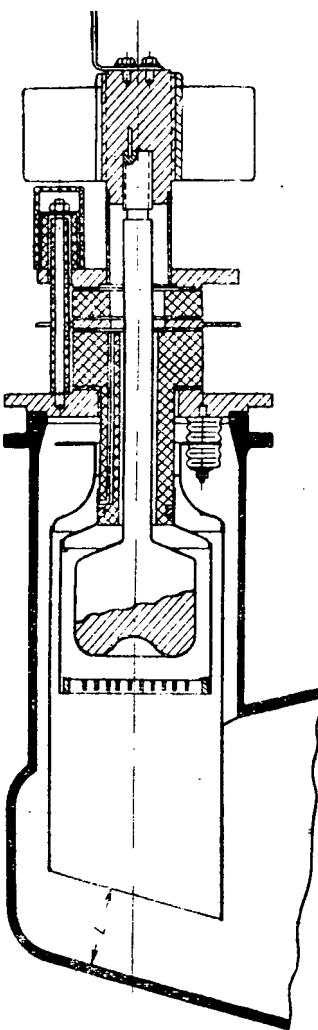


Рис. 5. Разрез анода, на котором производилось исследование влияния расстояния  $L$

хождения анодного тока через максимум. Все эти процессы происходят в условиях, обусловливающих малую плотность ртутного пара вблизи анода: низкая температура корпуса, длинная манжета, густая сетка и т. д.

**Конструкция анода и падение в дуге.** Существенное влияние на величину падения в дуге оказывают такие детали конструкции, как размеры манжеты, диаметр анодной головки, наличие фильтра, сетки и их размеров. Весьма резко на величине падения сказывается длина манжеты, иначе говоря, расстояние  $L$  от края манжеты анода до нижнего конуса корпуса (рис. 5).

Исследование этого вопроса было поставлено на выпрямителе РВ-10 с опытными анодами, имеющим манжеты с расстояниями  $L$ , 50, 100 и 150 мм. Питание выпрямителя производилось от трансформатора мощностью 570 кВА, соединенного по схеме: первичная обмотка — звезда, третичная — треугольник и вторичная — шестифазная звезда при выпрямленном напряжении в 100 В.

На рис. 6 приведены кривые падения в зависимости от  $L$  для различных нагрузок при постоянной температуре корпуса  $t_k = 45^\circ$ . Как видно из всех кривых, при уменьшении расстояния до ко-

нуса растет падение в дуге и особенно сильно при переходе от 100 к 50 мм.

Следует отметить, что большое расстояние конуса не дает каких-либо эффективных результатов, в то же время оно может облегчить никновение обратных зажиганий. Поэтому можно считать, что расстояние 100–120 мм является наиболее соответствующим различным требованиям.

**Влияние схемы включения трансформатора.** В наших экспериментах мы сопоставили две схемы включения трансформатора: 1) соединение схеме  $\Delta/\times$ ; 2) две обратных звезды с разделяющей катушкой.

Во втором случае амплитуда анодного тока в два раза меньше и работа анода облегчена. Поэтому следует дать несколько меньшие падения. Действительно, несмотря на то, что в этом выпрямителе были аноды старой конструкции, форма падения в дуге имеет более благоприятный вид. Для сравнения форм кривых обоих случаев на рис. 7 приведены осциллограммы падения для этих схем, полученные при одинаковой температуре корпуса  $t_k = 35^\circ$ .

Из осциллограмм видно, что если при схеме шестифазной звезды нагрузка в 2000 А создает

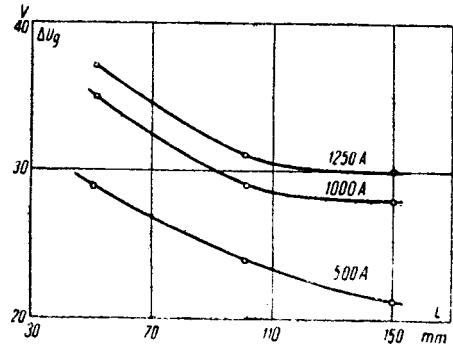


Рис. 6. Падение в дуге при  $L$ , равном 50, 100 и 150 mm

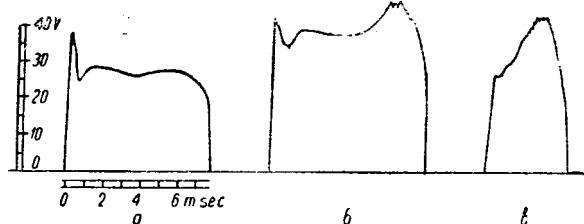


Рис. 7. Кривые падения: *а* и *б* — схемы с разделяющей катушкой при  $I_g$ , равном 2000 и 4000 А (100% перегрузка) соответственно; *в* — шестифазная схема при  $I_g = 2000$  А

характерный перегрузочный горб, то при схеме Кюблера этот горб появляется лишь при 4000 (100% перегрузка).

В отношении средних величин падения мы также имеем существенное преимущество при схеме с разделяющей катушкой; при номинальном токе (2000 А, РВ-20) и средней температуре корпуса в  $35^\circ$  получались следующие значения падения: схема с шестифазной звездой 34 В; схема с разделяющей катушкой 26 В. Изложенные факты позволяют подтвердить, что главную

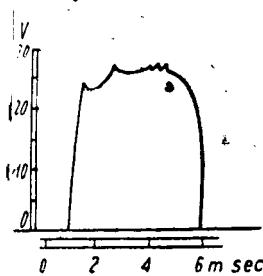


Рис. 8. Кривая падения при шестифазном режиме  $t_k = 35^\circ \text{C}$ ;  $I_{a \max} = 560 \text{ A}$  ( $I_g = 1000 \text{ A}$ )

яет амплитуда анодного тока; из осциллограмм, рис. 8 также видно, что для шестифазной схемы при том же температурном режиме амплитуда анодного тока 560 A ( $I_g = 1000 \text{ A}$ ), что эквивалентно  $I_g = 2000 \text{ A}$  схемы Кюблера, соответствует падение в дуге 25,5 V, т. е. примерно то же, что и для схемы 2. Нужно еще отметить, что в выпрямителе PB-20 при схеме с разделяющей катушкой превышение номинального тока в 2500 A увеличивает падение в дуге на 2 V, причем сохраняется нормальная форма кривой, никаких-либо искажений. Искажение кривой, характеризующее перегрузку выпрямителя, а также возрастание падения, подходящее до 40 V, мы наблюдаем лишь при токе в 4000 A и выше.

**Эффект нагрузки.** Для выяснения зависимости падения в дуге от величины нагрузки был поставлен ряд опытов с различными выпрямителями различными анодами при разных схемах соединения. При всех опытах наблюдался совершенно одинаковый характер этой зависимости. Остановимся на одном из этих опытов для случая PB-20/30 с анодами нового типа при схеме  $\Delta/\ast$ . Эта зависимость была исследована в широком диапазоне от 50 до 2000 A.

На рис. 9 приведены осциллограммы падения в дуге для различных нагрузок и температуре корпуса  $35^\circ$ . Исходя из этих осциллограмм, на рис. 10 построена (1) кривая среднего значения  $V = f(I_g)$  для этой же температуры корпуса. На этой кривой видно, что минимальное падение равно около 22 V и соответствует нагрузке 500 A.

Недует помнить, что при этом эксперименте менялась схема звезды—шестифазная звезда; оснований вышеизложенного можно сказать, в данном опыте 1000 A являлось номинальной нагрузкой выпрямителя, и, как видно из осциллограммы (рис. 9), падение при этой нагрузке превышает минимум на 3 V.

Анализируя полученную кривую и сопоставляя ее с осциллограммами, можно сказать, что если левая часть кривой соответствует зажигающим импульсам, то правая соответствует горбу, т. е. падению при перегрузках выпрямителя; из осциллограммы также видно, что нагрузки в 1500 и 2000 A в шестифазной схеме по форме кривой падения соответствуют перегрузкам.

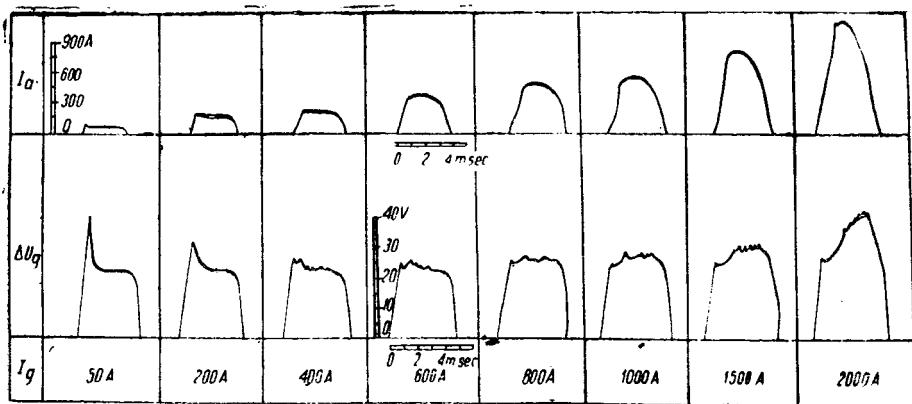


Рис. 9. Кривые падения в дуге выпрямителя PB-20/30 в шестифазном режиме при  $t_k = 35^\circ \text{C}$

На рис. 10 для сравнения приведена кривая (2) падения в PB-20 при схеме с разделяющей катушкой.

**Влияние температуры корпуса.** Температурный режим выпрямителя оказывает очень сильное влияние падения в дуге.

Как на примере влияния температуры корпуса можно указать на такой факт: при переохлажденном корпусе ( $< 10^\circ$ ) и резком повышении нагрузки или же резком охлаждении выпрямителя во время работы возникают перенапряжения повышенной частоты, доходящие до 15—20 kV, часто вызывающие в свою очередь обратное зажигание. Для выяснения наилучшего падения в дуге в смысле уменьшения температурного режима были исследованы различные типы анодов при схеме соединения трансформатора в шестифазную звезду. Критерием температурного режима была выбрана температура вытекающей воды (она незначительно отличается от температуры, показываемой термометром на корпусе,—температуры корпуса) при установленном режиме работы выпрямителя<sup>2</sup>.

При этом эксперименте исследовался температурный режим для различных нагрузок. При всех нагрузках исследованных температур наименьшее падение в дуге дает 55°. В качестве иллюстрации на рис. 11 приведены 4 осциллограммы падения

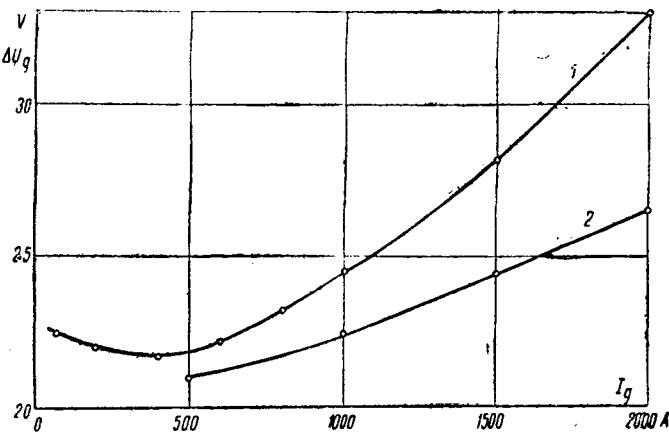


Рис. 10. Кривые изменения падения в дуге в зависимости от нагрузки. 1 — схема шестифазная звезда; 2 — схема с разделяющей катушкой

<sup>2</sup> В течение часа оставались постоянными как температура, так и нагрузка.

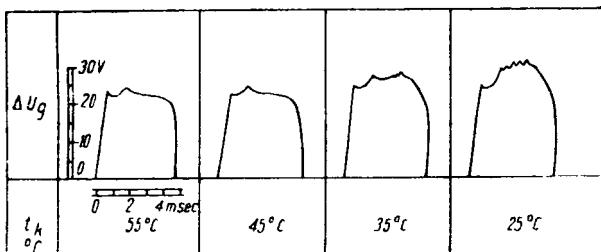


Рис. 11. Кривые падения в дуге в РВ-20 при  $I_g = 1000$  А и температуре корпуса: а — 55°; б — 45°; в — 35° и г — 25° С

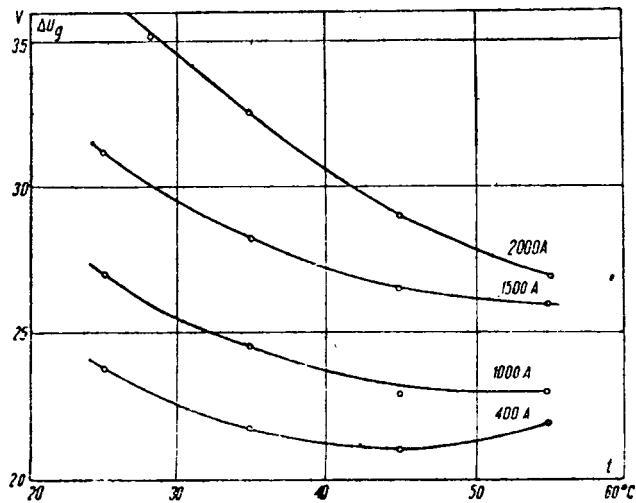


Рис. 12 Кривые изменения падения в дуге РВ-20 в зависимости от температуры корпуса

ния для различных температур при одном и том же токе — 1000 А.

Падение в дуге как функция от температуры корпуса для различных нагрузок дано в виде семейства кривых на рис. 12. Из кривых, во-первых, видно, что при применявшейся схеме минимум для всех нагрузок соответствует темпера-

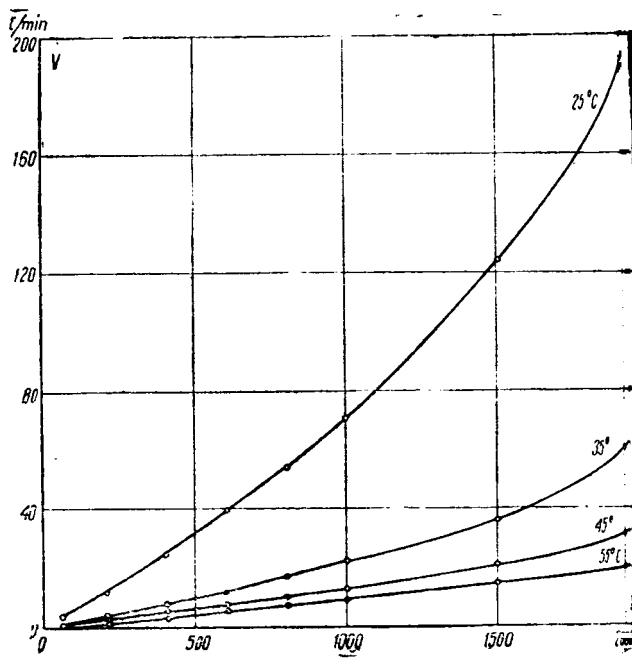


Рис. 13. Кривые расхода воды выпрямителя РВ-20 в зависимости от нагрузки при разных температурах вытекающей воды

туре выше 55°, во-вторых, что при большей температуре перегрузка не так резко сказывается на падении (при схеме шестифазная звезда) и нагрузка в 1500 и 2000 А является перегрузкой.

Наряду с определением наиболее выгодной температуры корпуса был также установлен расход воды в зависимости от нагрузки. На рис. 13 приведены кривые расхода воды  $l/\text{min}$  в зависимости от нагрузки при температурах корпуса 25, 35, 45 и 55°. Как видно, кривые сходны с кривыми падения в дуге, что подтверждает высказывание о расходе воды как о методе определения с достаточной точностью величины падения в дуге выпрямителя во время его эксплуатации.

## Распределение потенциала в дуге металлического ртутного выпрямителя

SEARCH-SOUND METHODS FOR POTENTIAL DISTRIBUTION MEASUREMENT IN METAL-CLAD MERCURY RECTIFIER ARC.

В. И. Дроздов, И. М. Кенин и Н. Н. Петров  
Завод «Электросила» им. С. М. Кирова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ материал, приводящийся в настоящей статье, является первым опытом применения зонда для исследования разряда в металлическом ртутном выпрямителе. Теория зондов, разработанная И. Лэнгмюром и Мотт-Смитом<sup>1</sup>, позволяет определять потенциал в данной точке пространства, занятого разрядом, для которого выполняются условия плазмы, и электро-

ны имеют распределение скоростей по закону Максвелла.

Если поместить зонд в эту точку и измерить плотность электронного тока в зависимости от напряжения зонд-катод, то при потенциалах зонда меньших, чем потенциал пространства, натуральный логарифм плотности электронного тока линейно зависит от потенциала. При потенциалах зонда, больших потенциала пространства, зона окружается электронным слоем, препятствующим

<sup>1</sup> Langmuir and Mott-Smith, Gen. El. Rev., 1924, а также JIEE of Japan, Nov, 1935

ению (электронного) тока. Поэтому в той кривой  $\ln j_e = f(u_z)$ , где зонд принимает центр пространства, получается довольно изгиб, по которому и определяется положение данной точки плазмы.

Вакуумной полулогарифмической кривой можно определить еще один важный параметр газового разряда — температуру электронов плазмы. Обозначить температуру электронов  $T_e$ , падение потенциала в слое  $u_0 - u$ , а  $j_{e_0}$  и  $j_e$  — плотность электронного тока, соответственно, на границе слоя и в том месте, где потенциал равен  $u$ , то теория зонда дает:

$$T_e = \frac{e}{k} \frac{u_0 - u}{\ln j_e - \ln j_{e_0}},$$

— заряд электрона;  
— постоянная Больцмана.

Температура электронов играет весьма существенную роль при подсчетах характеристик газового разряда, как, например, плотность зарядов, на слоях, ионизирующая способность электрона и т. п.

**Измерение установки.** Измерения распределения потенциала в дуге металлического ртутного выпрямителя были произведены при помощи передвижного зонда. На рис. 1 изображен анод с зондом, передвигаемым при помощи соленоида. Зонд, изготовленный из молибдена, имел цилиндрическую форму с закругленными краями с общей поверхностью  $1,05 \text{ см}^2$ ; стержень зонда экранировался кварцевой трубкой. Исследования производились на аноде с управляющей сеткой, выполненной из графитовых полосок высотой  $12 \text{ мкм}$  при расстоянии между полосками  $10 \text{ мкм}$ , установленном на ртутном выпрямителе типа РВ-10а. Передвижение зонда производилось от поверхности анода до нижнего конуса корпуса выпрямителя.

Схема измерений приведена на рис. 2. За потенциал зонда по отношению к катоду принималось показание вольтметра, включенного между точками  $k$  и  $z_1$ , так как сопротивление участка цепи  $zz_1$  равнялось  $0,03 \Omega$ , что при токах опыта

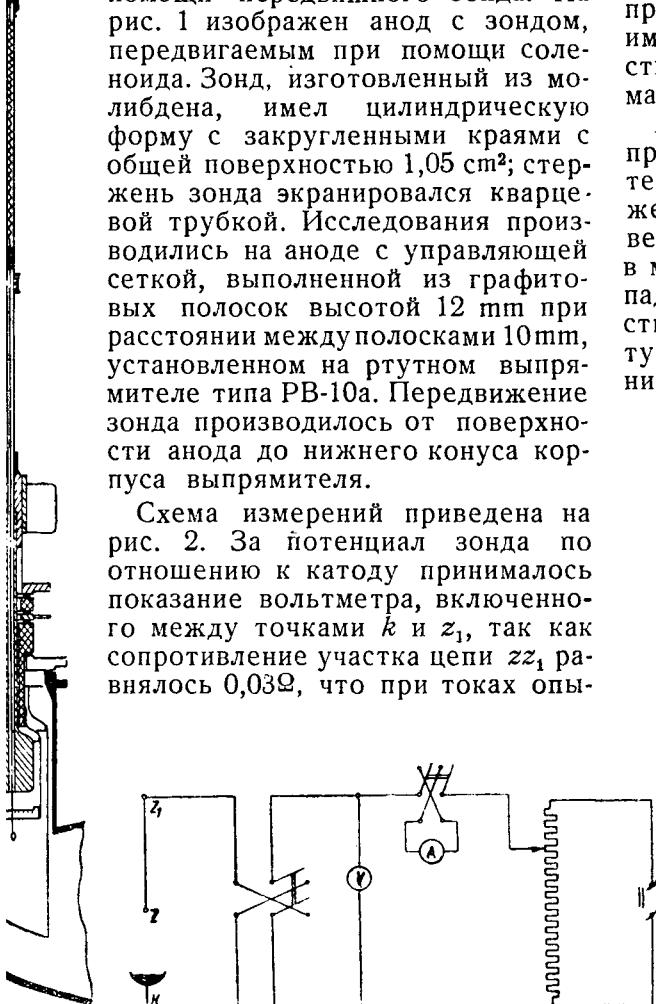


Рис. 2. Схема измерений

Ф. Н. Лэнгмюр, 1933, вып. 2.

так давало ошибку в измерении потенциала порядка 0,5%.

**Результаты измерений.** Приводящийся ниже экспериментальный материал получен в условиях дуги постоянного тока и может быть рассматриваем как первое приближение к истинному распределению потенциала, существующему в нормальном режиме работы выпрямителя.

Снятие характеристик зонда производилось в условиях нормальной работы пяти анодов и прохождении через анод с зондом постоянного тока. На рис. 3 представлена группа полулогарифмических кривых, полученных при токе через исследуемый анод 180 А и полном токе через катод 400 А при температуре корпуса 23°. Из рис. 3 видно, что полученные кривые согласуются с теоретическими, а именно: до потенциала пространства  $\ln j_e$  изменяется линейно, и при потенциале пространства получается довольно резкий излом.

Методом построения полулогарифмических кривых были получены кривые распределения потенциала по оси манжеты при разных температурах корпуса и неизменном токе, представленные на рис. 4, а также кривые распределения при разных токах и постоянной температуре корпуса (рис. 5). На обоих рисунках потенциал катода принят за ноль. Как видно из рис. 4, все кривые имеют ясно выраженный максимум в пространстве сетка — анод, и потенциал анода ниже этого максимума.

Абсолютное значение максимума уменьшается при увеличении температуры корпуса выпрямителя. Следует отметить, что на протяжении манжеты, особенно в ее верхней части, градиенты весьма малы — порядка  $0,05 \text{ V/cm}$ , а на входе в манжету существует падение  $1-2 \text{ V}$ . Общее падение анод — катод, измерявшееся непосредственно, уменьшается с увеличением температуры корпуса. На основании кривых распределения (рис. 4) на рис. 6 представлены зависимости

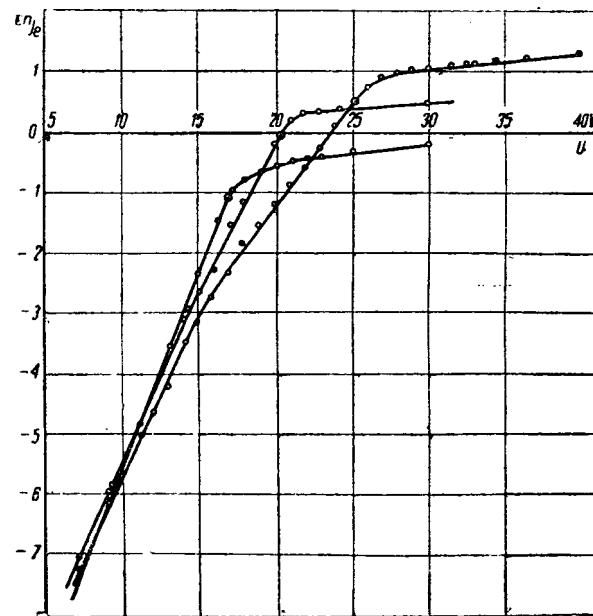


Рис. 3. Полулогарифмические кривые зонда для точек 3, 4 и 7

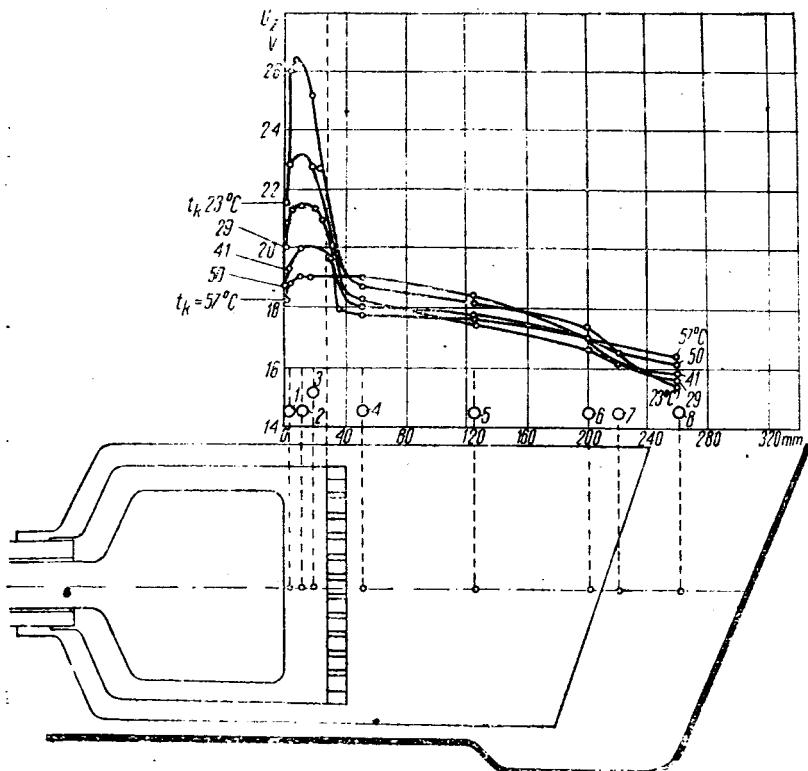


Рис. 4. Кривые распределения потенциала по оси манжеты в зависимости от температуры корпуса

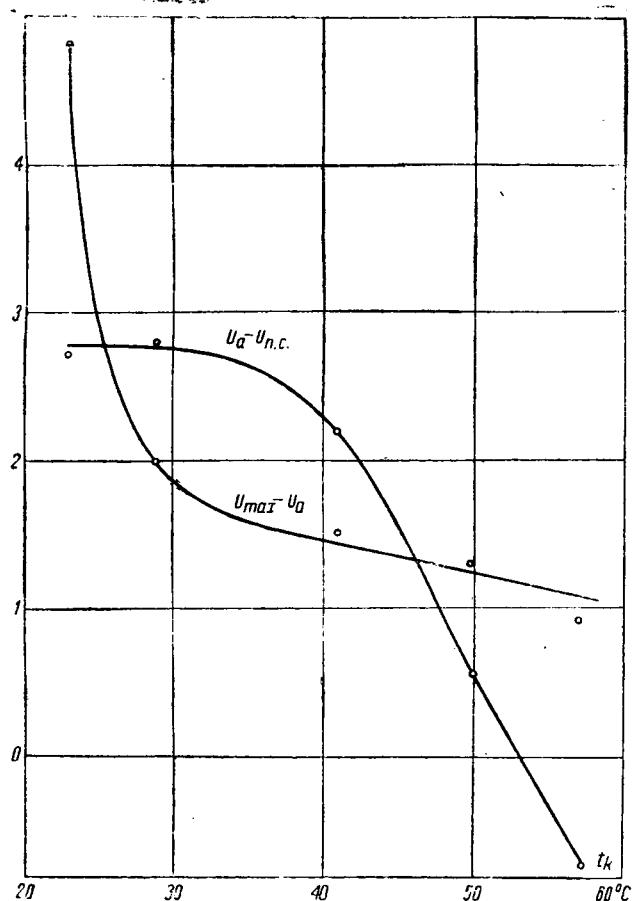


Рис. 6. Кривые максимального потенциала максимума относительно анода и потенциала анода относительно положительного столба в зависимости от температуры корпуса

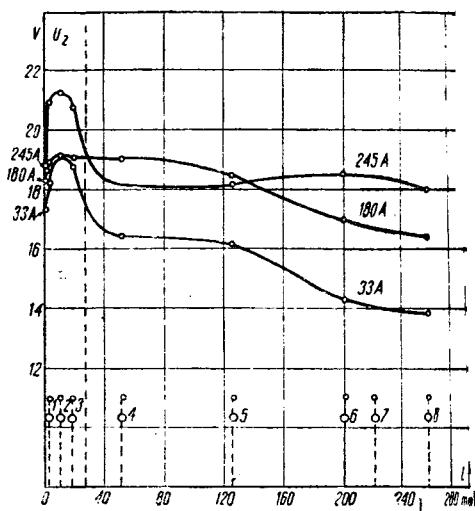


Рис. 5. Кривые распределения потенциала по оси манжеты в зависимости от нагрузки

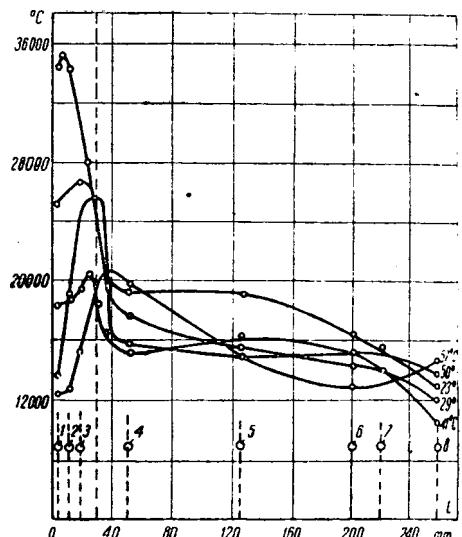


Рис. 7. Кривые распределения температур электронов по оси манжеты

от температуры корпуса разностей между минимальным значением потенциала и потенциалом анода и между потенциалами анода и положительного столба в верхней части манжеты. Величина задерживающего потенциала вблизи анода резко увеличивается при низких температурах корпуса, что, вероятно, вызывает часто наблюдаемый разрыв дуги при холодном корпусе. Величина разности потенциалов анод — положительный столб при высоких температурах корпуса уменьшается до нуля и даже меняет знак.

На рис. 7 дано распределение температур электронов при различных температурах корпуса определяемых по наклону полулогарифмических кривых.

При опытах были измерены ионные токи зонд при больших отрицательных потенциалах ( $-150$  V) в различных точках положительного столба (рис. 4). Для качественной оценки полученного результата на рис. 8 приведены кривые изменения ионного тока от температуры корпуса

токе  $I_a = 180$  А и  $Ig = 400$  А для точки до ки — кривая 3 и для точек за сеткой — кривые 4 и 6. Увеличение ионного тока в пространстве сетки — анод (точки 2 и 3) при уменьшении температуры корпуса находится в соответствии с величиной объемного положительного заряда в пространстве.

Для более полного выяснения физического процесса, происходящего в районе анода при холодном пуске, следует сопоставить и дать объяснение следующим трем явлениям, одновременно наблюдаемым: 1) появление максимума потенциала ми анода; 2) уменьшению времени деионизации и 3) появление разрывов дуги и связанных с ними перенапряжений.

Эти вопросы авторы ставят на обсуждение. В заключение необходимо отметить, что температура корпуса выпрямителя, принимавшаяся за аргумент при построении зависимостей, является не вполне удачным в физическом смысле параметром, поскольку она не характеризует действительного состояния ртутного парогене измерений.

Правильнее принять за независимую переменную, например, упругость пара в данной точке, о в настоящее время невозможно, так как су-

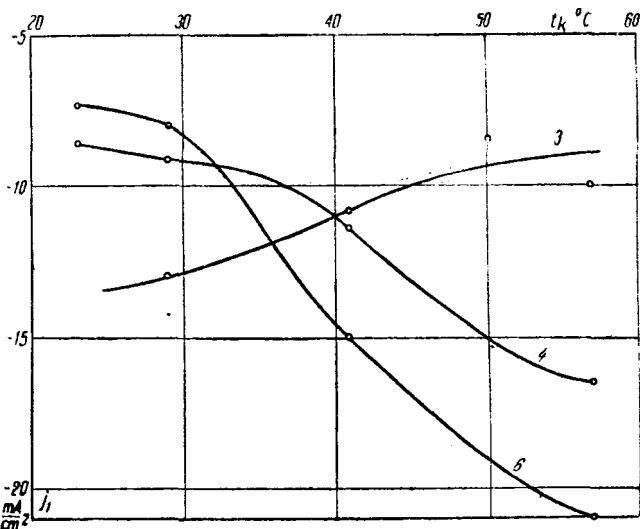


Рис. 8. Кривые ионного тока для точек 3, 4 и 6 в зависимости от температуры корпуса

ществующие методы определения упругости технически трудно применимы к ртутному выпрямителю металлической конструкции.

## Обратный ток в металлических ртутных выпрямителях

REVERSE CURRENT IN METAL-CLAD MERCURY RECTIFIERS

Н. Н. Петухов

Завод «Электросила» им.  
С. М. Кирова

РАБОТА каждого вентиля состоит из двух периодов: период горения, при котором обаются + ионы и электроны в количестве, соотвествующем проходящему через вентиль току режиму вентиля, и период негорения, когда ионные заряды постепенно исчезают из области разряда. Абсорбция + ионов поверхностью катодального анода в период негорения является обратным движением зарядов по сравнению с их движением в период горения, поэтому явление получило название «обратного тока».

При больших отрицательных напряжениях на юде (в период негорения) энергия падающих ионов может быть настолько велика, что ион способен освободить вторичные электроны, которые ускоряясь, ионизируют газ, окружающий анод.

При некоторых условиях эти вспышки (или инцилляции) могут повести к возникновению тогового разряда, т. е. обратному зажиганию.

Чем больше величина обратного тока, тем ниже напряжение, при котором происходят обратные зажигания.

Изучение свойств обратного тока и влияние на величину и форму конструкции анода позволяет выяснить рациональность конструкции и режима выпрямителя с точки зрения минимального обратного тока.

Обратный ток в настоящее время еще весьма мало изучен, особенно для металлических ртутных выпрямителей большой мощности.

Трудность измерения обратного тока состоит в том, что по одной и той же цепи проходит в период горения ток в несколько сот ампер, тогда как в период негорения идет обратный ток в несколько десятков или даже единиц миллиампер. Для измерения обратного тока применяются обычно схемы, подобные изображенным на рис. 1 и 2.

Существенным недостатком схемы рис. 1 является то, что вентиль 2 не должен иметь обратного тока, должен быть пустотным, применять же кенотрон при токах в 1000 или даже 100 А весьма неудобно.

Весьма большим дефектом схемы рис. 2 является то, что вентиль 2 должен быть заперт сеткой раньше, чем подано отрицательное напряжение на анод вентиля 1 (иначе напряжение трансформатора 7 замкнется через вентиль 2); вследствие этого обратный ток не может быть исследован с начала своего возникновения, и даже при той части исследования, где его можно измерить, всегда возникает сомнение, не является ли часть тока, записанного шлейфом 4, током деионизации вентиля 2.

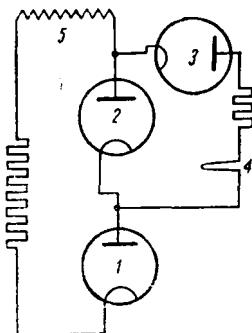


Рис. 1. Схема измерения обратного тока. 1 — испытуемый ионный прибор; 2 — вспомогательный газотрон; 3 — кенотрон; 4 — шлейф осциллографа; 5 — трансформатор

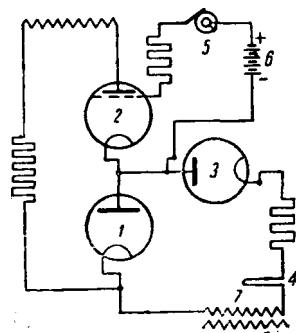


Рис. 2. Схема измерения обратного тока. 1 — испытуемый ионный прибор; 2 — вспомогательный тиатрон; 3 — кенотрон; 4 — шлейф осциллографа; 5 — синхронный коммутатор; 6 — батарея; 7 — трансформатор

Разделить же обратный ток в вентиле 1 и прямой ток вентиля 2 не представляется возможным.

В лаборатории металлических ртутных выпрямителей завода «Электросила» были поставлены опыты по измерению обратного тока по схеме рис. 2. При этом в качестве вентиля 2 был использован однофазный металлический ртутный выпрямитель.

Неудобства при экспериментировании по схеме 2 заставили отказаться от этого метода.

В настоящее время в лаборатории производятся исследования обратного тока при помощи плоского зонда, расположенного на уровне поверхности анода. Приводим на рис. 3 разрез анода с зондом. Диаметр анода — 26 мм, расстояние от края зонда до выточки анода — 2 мм.

На рис. 4 приведена схема измерения обратного тока по методу зонда. Существенным преимуществом этой схемы по сравнению со схемой

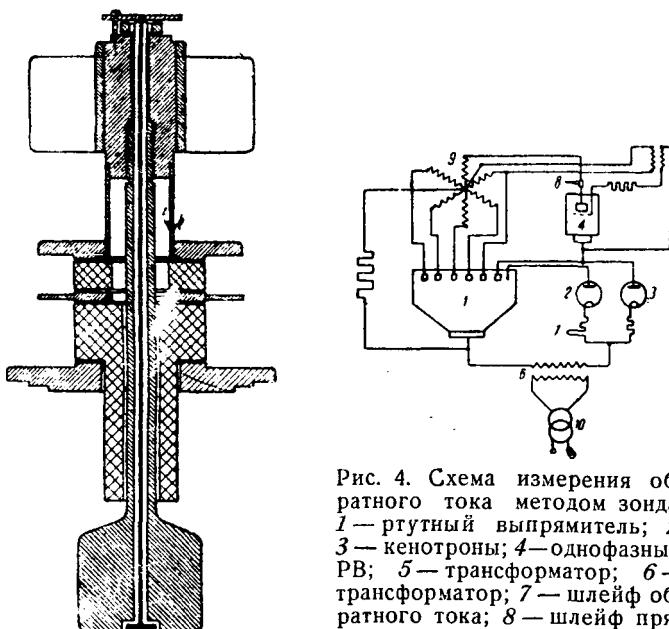


Рис. 3. Разрез анода с зондом

Рис. 4. Схема измерения обратного тока методом зонда. 1 — ртутный выпрямитель; 2, 3 — кенотроны; 4 — однофазный РВ; 5 — трансформатор; 6 — трансформатор; 7 — шлейф обратного тока; 8 — шлейф прямого тока; 9 — вторичная обмотка силового трансформатора; 10 — фазорегулятор

рис. 2 (или 1) является то, что цепь зонда вделена и не связана с вентилем 2, как было в предыдущих схемах. То обстоятельство, что в период негорения зонд и анод получают один и тот же потенциал, позволяет рассматривать зонд как часть поверхности анода.

При помощи фазорегулятора 10 можно было смещать напряжение трансформатора 6 и тем самым получать на нем к моменту окончания горения анода обратные напряжения разной величины (от 0 до  $U_{\max}$ ). В качестве вентиля 2 были взяты кенотроны КР-110.

Трансформатор 6 имел мощность 5 кВА и максимальное напряжение 6000 В.

Анодный ток и обратный ток на зонд записывались разными шлейфами. Трансформатор 5 давал запирающее напряжение на вентиль 4 в период негорения анода.

**Результаты измерений.** Приводим в качестве примера две осциллограммы обратного тока, полученные по схеме рис. 2.

На рис. 5 дана осциллограмма обратного тока для анода А-27 с двумя манжетами (рис. 6, а) на рис. 7 — та же осциллограмма, но для анода с одной неуправляемой манжетой (рис. 6, а).

Как видно, величина обратного тока на рис. 5 даже больше, чем на рис. 7.

Этот странный результат лишний раз подтверждает, что, измеряя обратный ток по схеме 2, можно сделать неверные выводы. При измерениях было отмечено также, что два анода, имеющие совершенно разные напряжения обратного зажигания, имеют одинаковую величину и форму обратного тока.

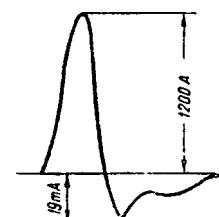


Рис. 5. Осциллограмма обратного тока для анода с двумя манжетами  $t_k = 60^\circ\text{C}$ ;  $U_{\text{обр}} = 800\text{ V}$

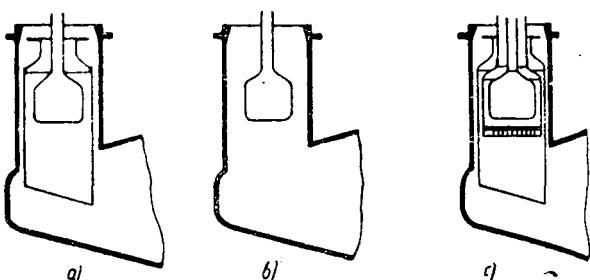


Рис. 6

При опытах обратный ток неожиданно менял свою величину (или форму). Без всякой видимой причины вдруг появлялись обратные зажигания и напряжение, при котором они появились было весьма низкое: 600—800 В.

Все указанные недостатки, которые наблюдались при экспериментировании со схемой рис. 2, заставили нас перейти на новый метод измерения обратного тока при помощи зонда.

Рассмотрим результаты измерения обратного тока при помощи зонда.

На рис. 8 и 9 приведены типичные осциллограммы обратного тока на зонд соответственно

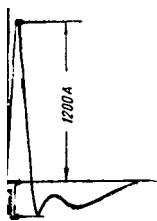


Рис. 8. Осциллограмма обратного тока  $I_{обр}$  на зонд для анода, не защищенного манжетами.  $t_k = 60^\circ \text{C}$ ;  $U_{обр} = 1000 \text{ V}$ ;  $I_{амед} = 200 \text{ A}$

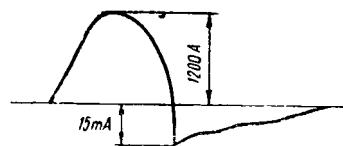


Рис. 8. Осциллограмма обратного тока на зонд для анода, не защищенного манжетами.  $t_k = 60^\circ \text{C}$ ;  $U_{обр} = 1000 \text{ V}$ ;  $I_{амед} = 200 \text{ A}$

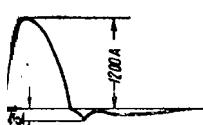


Рис. 9. Осциллограмма обратного тока на зонд для анода с одной манжетой.  $t_k = 60^\circ \text{C}$ ;  $U_{обр} = 1000 \text{ V}$ ;  $I_{амед} = 200 \text{ A}$

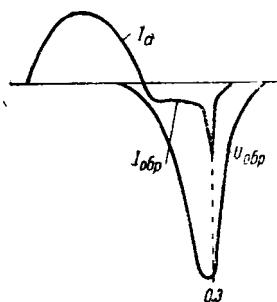


Рис. 10. Осциллограмма обратного тока на зонд в момент возникновения обратного зажигания  $U_{обр} = 2200 \text{ V}$ ;  $I_{амед} = 200 \text{ A}$

анода без манжет (рис. 6, б) и для анода с неуправляемой манжетой (рис. 6, а). Попытка осциллографа для анода с обеими манжетами не удалось, так как обратный ток настолько мал, что даже при  $U_{обр} = 6000 \text{ V}$  шлейф не записывал. Величины средних обратных токов в исследованных случаях весьма сильно различаются и относятся как 5 : 1. Для анода с двумя манжетами средний обратный ток оказался в 5 раз меньше (по сравнению с анодом с одной манжетой) меньше в 10 раз).

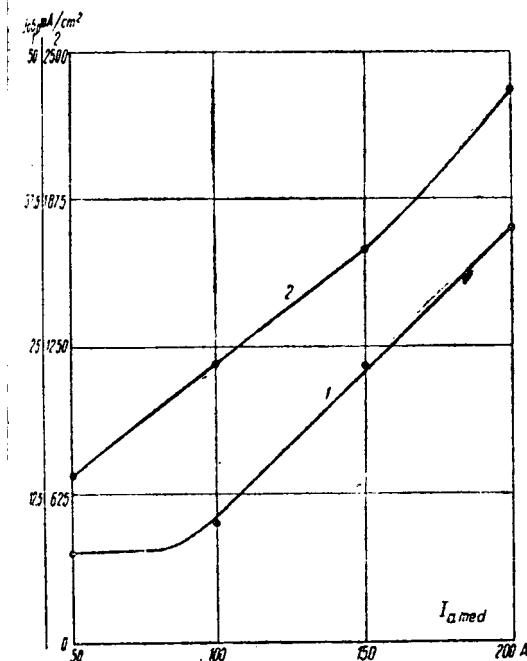


Рис. 11. Плотность обратного тока на зонд. 1 — анод с одной манжетой; 2 — анод без манжет.  $U_{обр} = 1000 \text{ V}$ ;  $t_k = 60^\circ \text{C}$ ;  $I_{амед} = 200 \text{ A}$

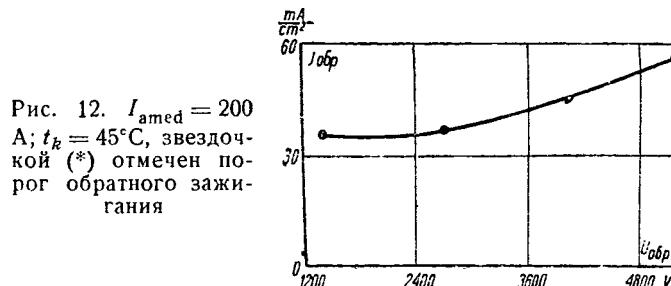


Рис. 12.  $I_{амед} = 200 \text{ A}$ ;  $t_k = 45^\circ \text{C}$ , звездочкой (\*) отмечен порог обратного зажигания

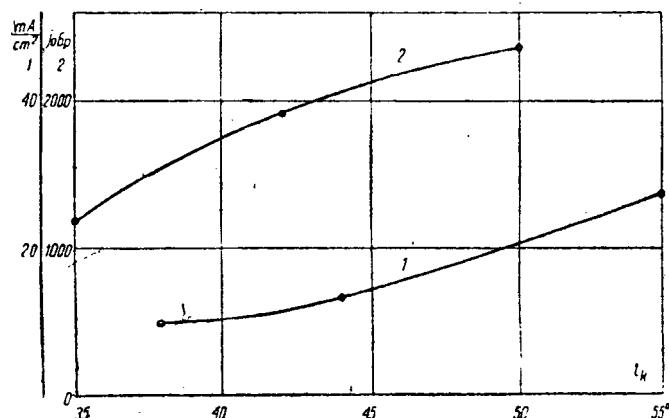


Рис. 13. Плотность обратного тока для 1 — анода с анодной манжетой; 2 — анода без манжет.  $I_{амед} = 200 \text{ A}$ ;  $U_{обр} = 1000 \text{ V}$

Характерным для метода зонда является плавный, почти линейный закон изменения тока во времени. Форма обратного тока резко меняется лишь тогда, когда напряжение на зонде подходит к порогу обратного зажигания. В этом случае в том месте обратного тока, которое соответствует амплитуде обратной полуволны напряжения, появляются острые, меняющиеся пики и при дальнейшем повышении обратного напряжения наступает обратное зажигание. На осциллограмме рис. 10 заснят момент возникновения обратного зажигания для анода без манжет (рис. 6, б) при  $U_{обр} = 2200 \text{ V}$ .

Приводим на рис. 11 зависимость плотности обратного тока от тока анода. Кривые получены при напряжении обратной полуволны, равном 1000 V.

Рис. 12 дает зависимость плотности обратного тока для анода с одной манжетой от обратного напряжения. Рис. 13 дает ту же величину в зависимости от температуры корпуса ртутного выпрямителя.

В настоящее время опыты ведутся в отношении выбора наиболее рациональной геометрии фильтра и манжеты ртутного выпрямителя, с точки зрения повышения порога обратного зажигания при сохранении величины падения в дуге постоянной.

Произведенные эксперименты позволяют сделать следующий вывод:

1. Метод измерения обратного тока при помощи зонда является свободным от недостатков классического метода (рис. 1) и метода измерения по схеме 2 и может быть с успехом применен для исследования свойств обратного тока любого ионного вентиля (в том числе и металлического выпрямителя).

2. Величина плотности обратного тока весьма сильно зависит от конструкции манжеты и фильтра.

# Дуговые статоры, как электрические аппараты для вращения рабочих машин<sup>1</sup>

SEGMENTAL STATORS USED AS ELECTRICAL APPARATUS FOR WORKING MACHINE DRIVING.

П. А. Фридкин

Завод «Электросила»

С. М. Кирова

В НАСТОЯЩЕЙ статье изложены некоторые общетехнические и электромеханические сведения об осуществленных у нас в СССР электрических аппаратах для вращения рабочих машин. Кратко эти аппараты названы нами «дуговые электродвигательные статоры» или просто «дуговые статоры».

По приказу Народного комиссариата тяжелой промышленности от 22 сентября 1936 г. дуговыми статорами оборудуются выпускаемые заводом К. Маркса кардмашины. Производство «дуговых статоров» сосредоточено в настоящее время на заводе «Электросила» им. Кирова в Ленинграде, где организовано специальное бюро по дуговым статорам.

Современные машины имеют большое число различных посреднических органов в виде шкивов, зубчаток, червячных передач, эксцентриков, подшипников и многих других элементов. Чем больше в машине движущихся частей, тем больше в ней имеется и гнезд трения, т. е. всевозможных трущихся и изнашивающихся поверхностей. Изготовление таких машин, с большим числом движущихся частей и гнезд трения, требует большого количества материалов и труда, а в эксплуатации гнезда трения делают машины менее надежными, менее долговечными и менее производительными.

<sup>1</sup> В порядке обсуждения. Редакция

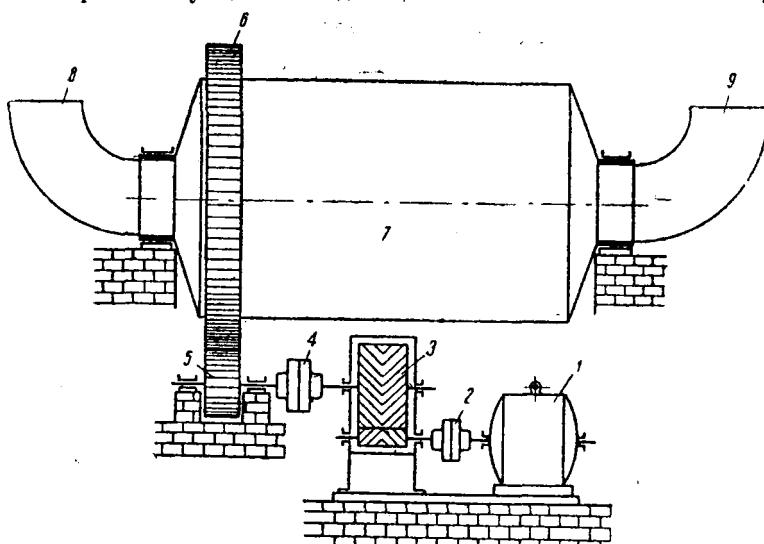


Рис. 1. Моторно-редукторный привод шаровой углеразмольной мельницы. 1 — мотор; 2 и 4 — муфты; 3 — редуктор; 5 — малая шестерня; 6 — зубчатый венец; 7 — барабан; 8 и 9 соответственно — углеподающий и пылеотводящий рукава

Машина с наименьшим числом гнезд трения значит с наименьшим числом движущихся частей, всегда будет менее шумной, более надежной и более производительной.

Неподвижные ртутные выпрямители вращающихся мотор-генераторов, каскадных иноакорных преобразователей; статические динсаторы взамен вращающихся синхронных компенсаторов; автогенная и электрическая металлов, свободная от всех гнезд трения, меняемых ею механических пил; непосредственная отливка под давлением деталей из цветных и черных металлов вместо их обработки на станках с большим числом гнезд трения; электросварка, исключающая гнезда трения, имеющиеся у вытесняемых ею клепальных механизмов; тротометаллизаторы Линника и Катца, химические методы полировки акад. Гребенщикова, дифиционально-ртутные насосы без единого гнезда трения — все это технические сдвиги в одном иже направлении к процессам с минимумом механического трения, гнезд трения и движущихся частей.

Электромотор и турбина, вытеснившие паровую машину, имеют менее 10% числа гнезд трения и движущихся частей, которыми в виде поршней, параллелей, маховиков, шатунов, кривошипов, эксцентриков и тяг изо-

лут паровая машина. Принцип поступательно-возвратного движения неизбежно ведет к большому числу гнезд трения, поэтому механизмы, основанные на этом принципе, вытесняются и будут вытесняться механизмами ротационными, которым органически свойственно меньшее число движущихся частей и гнезд трения.

В электромоторах посредством шкивов на валу ротора, второго шкива на валу рабочей машины и ременной или цепной или другой гибкой передачи между этими шкивами, а еще чаще — посредством звездчатых колес (редуктора), движение ротора передается самой рабочей машине.

Эти передачи заполняют шумом цеха, делают утомительным и менее производительным труд работающих здесь людей. Передачи нагреваются, изнашиваются, вызывают вибрацию рабочих машин, создающие простор. Эти передачи надо смазывать, собирать, для них нужен металл, инструменты и сложные станки, они занимают

шительные площади в цехе, затрудняют к исполнительным органам рабочих машин, заняют рабочие места и обрабатываемые ими продукты.

Вот примера на рис. 1 схематически изображен современный моторно-редукторный привод мельницы для размола угля на электротягах. Большой барабан этой мельницы, в ко-

тором стальные шары дробят уголь, получает движение от электромотора посредством двух зубчатых колес. На изготовление более деталей каждого такого комплекта зубчатых колес расходуется 20 т металла (сталь разных марок, чугун, баббит, латунь, бронза). В отливке, обработке деталей и принадлежностей этих редукторов участвует несколько крупных заводов. Подведение фундаментов под редуктора, и монтаж их на месте требуют около человека-часов физического труда. На обивание и текущий ремонт этих двух редукторов затрачиваются ежегодно труд и материалы, стоимость которых при непрерывной работе превышает двадцать тысяч рублей. У каждого такого редукторного привода мельницы безотлучно стоит механик, наблюдающий за подшипниками, масляным насосом и работой зубчаток. На редукторном приводе есть такие гнезда, где прекращение подачи смазки даже на минуту влечет за собой выход из строя редукторной установки, а следовательно, всей мельницы на десятки часов.

Подшипники и зубчатки редукторов изнашиваются, и срок службы некоторых из них часто превышает двух-трех лет. Для некоторых машин — при частых и тяжелых пусках — срок службы меньше даже года. Площадь, занимаемая машинами вместе с мотором у мельницы малых размеров, равна около 14,5 м<sup>2</sup>.

С лучшим видом соединения электромоторов с машинами является электрическое соединение обода ротора электромотора с ободом роторного органа рабочей машины. Это заменение электроприводом без всяких гнезд трения, посыпками, делающими возможной постановку такой технической задачи, являются следующие.

Мы у роторных органов рабочих машин — барабанов, планшайб, цилиндров, маховиков, — преимущественно железные либо сталью либо чугунные. Подшипники, вал, крестовина и детали, которые нужны ротору электромотора, также имеются у роторных органов этих машин.

Потери на гистерезис не зависят при прочих условиях от того, имеем ли мы массивное истовое железо. Эти потери в обоих случаях чисто малы при малой частоте — частоте вращения, которую мы имеем в работающем асинхронной машине. Токи же Фуко в самом роторе такой машины являются преимущественно рабочими токами. Кроме того, и от токов Фуко пропорциональны, как это, квадрату частоты.

Во-вторых, базируясь на принципах именно асинхронной короткозамкнутой машины, преобразование обода у роторного органа рабочей машины в ротор электромотора вполне возможно

и дает ряд преимуществ в виде, во-первых, малых потерь в железе и, во-вторых, надежности короткозамкнутого массивного ротора благодаря отсутствию в нем изоляции и трущихся электрических контактов.

Но на пути к реализации такого безредукторного соединения механизмов имеется ряд препятствий.

В обширнейшем классе рабочих машин экономические скорости их органов, могущих служить роторами электромоторов, значительно ниже экономических скоростей этих моторов. Очень часто, например, скорости у главных ротационных органов машин в пределах 100—400 об/мин при потребной для этих машин мощности в пределах 1—10 кВт. У другой, не менее обширной группы машин скорости ротационных органов хотя и высоки, но эти скорости как раз не соответствуют тем синхронным оборотам в минуту, которые могут быть получены от ротора асинхронного мотора при общеупотребительной частоте тока. Очень часто, например, такие скорости машин, как от 1500 до 2500, от 1000 до 1300, от 750 до 875 об/мин. Много рабочих машин требует несколько близких друг к другу скоростей, не совпадающих с синхронными скоростями роторов современных асинхронных моторов. Таковы, например, все рабочие машины, которые требуют таких наборов скоростей, как 780 и 850 об/мин; 1050, 1180 и 1260 об/мин; 600, 640, 670 и 710 об/мин и т. д.

Наружная поверхность вращающихся частей, которые могли бы служить роторами электромоторов весьма многих типов рабочих машин, занята в той или иной своей части другими органами машин или обрабатываемым сырьем. Вследствие этого для использования ободов у этих ротационных органов в качестве электромоторных роторов обязателен обмен статора и ротора своими обычными местами. Однако в большинстве случаев оказывается конструктивно невозможным вмонтировать обычный круговой статор внутри ротационного органа рабочей машины. В более же редких случаях, когда это возможно, сложность выполнения, наладки, обслуживания и ненадежность работы такого внутреннего кругового статора делают подобные проекты нереальными.

Наконец, у весьма обширных групп рабочих машин главные размеры ротационных органов, их диаметр и осевая длина, обусловленные специфическими функциями машин, оказываются обычно в резком противоречии с главными размерами статоров их асинхронных моторов. В качестве примера, поясняющего это противоречие, обратимся к барабану хлопковой кардмашины. Этот барабан имеет в диаметре больше одного метра, столько же по осевой длине, и при этом требуется мощность всего лишь около одного киловатта для вращения всей кардмашины. Получить для такого барабана круговой статор диаметром около одного метра и мощностью один киловатт и вместе с этим соблюсти для такого статора сколько-нибудь практически приемлемый комплекс техно-экономических показателей, не представляется возможным. Таким образом на основе круговых статоров многофазного переменного тока электромотора

привод минимума трения невозможен для подавляющего большинства типов машин.

Это, однако, не означает, что такой электропривод вообще неосуществим. Такие именно возможности, и притом в наиболее общем и разнообразном виде, заложены в дуговых статорах.

В общетехническом разрезе дуговые статоры — это электродвигательные механизмы без трения и без движущихся частей. Это — электродвигательные аппараты. Оставаясь неподвижными, они вращают барабаны, планшайбы, маховики или другие ротационные органы рабочих машин без механического сцепления и механического контакта с этими органами, т. е. без зубчатых зацеплений, шкивов с ремнями, валов, подшипников и других элементов прикладной механики.

Главная особенность дуговых статоров заключается в том, что именно дуговая их форма дает совершенно реальные и притом самые разнообразные возможности приблизиться к ободу ротационного органа рабочей машины и направить на него магнитные поля с любой скоростью от нескольких десятков до нескольких тысяч оборотов в минуту.

Провалы в скоростях, которые мы имеем в современных асинхронных электромоторах, т. е. полное отсутствие у них промежуточных синхронных оборотов в минуту в пределах от 3000 до 1500, от 1500 до 1000, от 1000 до 750 и т. д. при частоте  $f = 50$  Hz, обусловлены тем обстоятельством, что обмотки их статоров выполняются исключительно с таким полюсным делением  $\tau$ , которое укладывается обязательно целое и притом четное число раз в окружности этих статоров, т. е. для всех них  $\frac{\pi D}{\tau}$  должно быть исключительно целое и четное число. Синхронные обороты в минуту, получаемые при таких круговых статорах, ограничены поэтому скачками чисел с пропорцией  $2:4:6:8 \dots = 1:2:3:4$ .

В отличие от этого существующего положения вещей откажемся теперь при проектировании такого источника магнитных полей, как статор, от этого только что приведенного ограничивающего условия, и примем, что  $\frac{\pi D}{\tau}$  может быть любым конечным числом.

Такой свободный выбор величины  $\frac{\pi D}{\tau}$  можно физически осуществить следующим образом.

Обмотанный круговой статор, например, на 3000 синхронных оборотов в минуту при 50 Hz, а значит — двухполюсный, мысленно разрежем по окружности в одном месте и затем будем изгибать этот статор в дугу все более и более возрастающего диаметра кривизны.

По мере увеличения диаметра кривизны статора вся длина  $\pi D_0$  бывшей окружности этого статора будет вмещаться в дуге, измеряемой пропорционально меньшим, чем  $2\pi$ , центральным углом  $\varphi$ , т. е. для получаемого семейства этих статорных дуг будет справедливо равенство:

$$\frac{D}{D_0} = \frac{2\pi}{\varphi}. \quad (1)$$

Линейная скорость  $\varphi$  перемещения магнитных полей будет оставаться у всех таких дуговых статоров одной и той же, а именно:

$$\varphi = 2\pi f = \text{const} = \frac{\pi D n}{60}.$$

Это означает, что если при круговом диаметре, например, 10 см мы имели 300 синхронных оборотов в минуту, то у того же полюсного статора, но разогнутого в дугу диаметра, скажем, до 13 см, мы получим 3000, а  $3000 \frac{10}{13} = 2333,3$  синхронных оборотов в минуту.

При дальнейшем изменении диаметра кривизны дуги статора до, скажем, 18, 23, 37 см мы получим соответственно: 1667, 1304, 811 оборотов в минуту при тех же двух полюсах.

Общая формула числа оборотов в минуту на дуговом статоре получается из равенства в виде:

$$n = \frac{60 \cdot 2\pi f}{\pi D},$$

где  $\tau$  — полюсное деление обмотки статора;

$f$  — частота тока, питающего статор;

$D$  — диаметр кривизны дуги статора, соответствующий диаметру активной окружности ротационного органа, вращающейся дуговым статором.

Итак, синхронная скорость, которая может быть получена при дуговых статорах, неизвестна в пределах от 0 до  $60f$ .

Повторяем, регулирование синхронной скорости при дуговых статорах любыми мелкими ступенями берет свое физическое начало прежде всего в том, что нет в дуговых статорах частного ограничивающего условия  $\frac{\pi D}{\tau}$  — целые и четные числа, а имеется в таких статорах более широкое и ничем не ограниченное исходное условие  $\frac{\pi D}{\tau}$  — любые конечные числа.

Создав этим сначала предпосылку для изменения любой одной какой-либо скорости от 0 до данного дугового статора, оказалось уже возможным поставить и решить вторую более сложную задачу — получить от одного и того же статора и от одной и той же его обмотки несколько близких друг к другу производных синхронных скоростей, ибо каждая из них в отдельности не отсутствует, как у обычного асинхронного электромотора, а именно имеется в физической природе дуговых статоров.

Формула (3) синхронной скорости показывает, что при одной и той же частоте возможно регулирование скорости мелкими ступенями, осуществим соответствующее мелкоступенчатое изменение полюсного деления у обмотки каждого статора.

Ниже излагаются два способа такого регулирования полюсного деления. Каждый из двух способов имеет свое практическое значение для разных исходных условий.

По первому способу регулирования полюсного деления, обмотка у дугового статора выполняется по типу двухслойной. Несмотря на сформированный шаг, который имеет такая обмотка, полюсное деление у нее может изменяться достаточно мелкими ступенями следующим образом: полюсное деление у взятого типа обмотки на шагу этой обмотки только тогда, когда

и не имеет укорочений. Если же обмотка является хордовой, т. е. если шаг ее имеет укорочение, то такой укороченный шаг уже не равен по своей абсолютной величине полюсному делению статора. Однако при любых укорочениях и независимо от них полюсное деление также измеряется величиной:

$$\tau = mqts, \quad (4)$$

где  $m$  — число фаз обмотки;

$q$  — число пазов на полюс-фазу;

$ts$  — пазовое деление статора.

Формула (4) означает, что фиксированный шаг трехфазной обмотки отнюдь не является препятствием для мелкоступенчатого регулирования полюсного деления у этой обмотки. Для такого регулирования необходимо и достаточно лишь изменить величину  $q$ , т. е. число пазов на полюс-фазу. Для получения переменного  $q$  при постоянном шаге обмотки каждая из трех фаз этой обмотки получает разрывы в соответствующих пазах, от которых делаются отводы к переключателю. Последний проектируется применительно к каждому данному набору скоростей.

Так как число пазов на полюс-фазу может быть только целым, но и дробным числом, то возможные деления, измеряемые при трехфазном и трехфазном значением этого числа, могут этому быть получены произвольно близкими друг к другу. Так например, при пазовом делении дугового статора, равном 1,7 см, и при переключениях одной и той же обмотки поочередно на 3; 3,5; 4; 4,5 паза на полюс-фазу, мы получим, несмотря на постоянный шаг обмотки, соответственно следующие полюсные деления: 3; 17,85; 20,4; 23,95 см. При частоте тока 50 Hz и при диаметре, скажем, в 60 см для дугового статора по ее активной поверхности получим формуле (3) от такого статора независимо от числа его полюсов следующие синхронные юрты в минуту: 487; 569; 650; 730.

Рассматриваемое регулирование скорости характерно тем, что меньшим  $\tau$  будет соответствовать меньшее укорочение шага обмотки, следовательно, большее значение коэффициента укорочения:

$$k_k = \sin \frac{\pi}{3qts} \cdot \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

Такая взаимосвязь между величинами  $k_k$  и  $\tau$  имеет большое положительное значение, так как она делает возможным удержать на оптимальном уровне на всем диапазоне регулирования основные электромеханические показатели машины.

Действительно, пусть задан диапазон регулирования скорости 1:2. Неизменный шаг обмотки можно выбрать таким, чтобы при наименьшем полюсном делении  $\tau_{\min}$  иметь коэффициент укорочения  $k'_k = 1$  (абсолютное укорочение шага обмотки равно тогда 0). В таком случае при последовательных переключениях обмотки на все большее и большее полюсное деление мы в пределе получим для него максимальное значение:

Для такого полюсного деления укорочение обмоточного шага равно 50%, а коэффициент укорочения:

$$k''_k = \sin \frac{\pi}{2} \cdot 0,5 = 0,706.$$

Выясним теперь индукции в зазоре и в зубцах, а также намагничающие токи, пусковые токи и пусковые моменты при двух крайних режимах работы.

Если при первом режиме, когда  $\tau = \tau_{\min}$ , примем абсолютное значение магнитного поля дугового статора за  $\Phi_1$ , то при втором режиме, когда  $\tau = 2\tau_{\min}$ , мы получим магнитное поле:

$$\Phi_2 = \Phi_1 \frac{1}{0,706} = 1,42\Phi_1.$$

За счет гораздо меньшего при втором режиме магнитного рассеяния обмотки статора мы получим дополнительное увеличение потока  $\Phi_2$  еще на несколько процентов и, таким образом, результатирующее отношение магнитного поля  $\Phi_2$  к магнитному полю  $\Phi_1$  будет ближе к 1,45.

Отсюда имеем отношение между индукциями в зазоре и в зубцах при рассматриваемых двух крайних режимах:

$$\frac{B_{I_2}}{B_{I_1}} \approx \frac{B_{s2^2}}{B_{s1^2}} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_2} = 1,45 \cdot 0,5 = 0,725,$$

т. е. индукции в зазоре и в зубцах при втором режиме работы на 27,5% меньше, чем при первом режиме работы. Индукция же в спинке статора больше при втором режиме приблизительно на 45%, чем при первом.

Намагничающий ток  $I_p$  при втором режиме работы был бы при прочих равных условиях больше в  $\frac{1}{0,725} = 1,42$  раза. Но этому повышению противостоят пониженные до приблизительно 72,5% ампервитки намагничивания для зазора и зубцов. В результате для ненасыщенных железных цепей приближенно имеем:

$$\frac{I_{p_2}}{I_{p_1}} = 1,42 \cdot 0,725 = 1,03.$$

Это означает, что если только спинки статора и роторного обода не насыщаются максимальным магнитным полем, то намагничающий ток получается почти одним и тем же во всем интервале скоростей.

Нетрудно также выяснить изменение пускового тока и пускового момента. По мере переключения на высшие скорости число пазов на полюс-фазу увеличивается, а коэффициент укорочения обмотки убывает. Эти факторы уменьшают магнитное рассеяние, а также приведенное сопротивление ротора. В результате, кратность пускового тока и кратность пускового момента возрастают.

Совершенно ясно, что рациональным проектированием дуговых статоров для целей регулирования скорости можно, соответственно необходимости, получить ту или иную резкость изменения пускового момента в функцию скорости.

Итак, рассмотренный здесь первый способ мелкоступенчатого регулирования скорости магнит-

нога поля дугового статора характеризуется тем, что обмотка дугового статора выполняется двухслойной, т. е. с фиксированным шагом, но с переменным укорочением, достигаемым переключением обмотки на разные числа пазов на полюс-фазу, отстоящие друг от друга на 0,5.

Когда потребуются еще более мелкие ступени между полюсными делениями, можно применить четырехслойную обмотку. Она позволит получать числа пазов на полюс-фазу, отстоящие друг от друга на 0,25. В этом случае достижимы ступени в единицы процентов между отдельными скоростями. Сущность второго способа получения нескольких скоростей от одного и того же дугового статора и от одной и той же его обмотки заключается в следующем.

Дуговой статор получает кольцевую, грамовскую обмотку, неактивные части которой отстоят от железа пакета на 10 ... 40 мм в зависимости от объема тока в пазу. Каждая из трех фаз обмотки устраивается с разрывами в соответствующих местах. Образованные этими разрывами отдельные части обмотки переключаются соответствующим контроллером на любые полюсные деления. Число и место разрывов и отводов от них к контроллеру соответствует количеству требующихся скоростей и абсолютному значению каждой из них.

По поводу кольцевого типа обмотки необходимо сделать некоторые замечания.

Во-первых, в отличие от случая круговых статоров укладка кольцевой обмотки в пазы дуговых статоров может быть механизирована посредством предварительной заготовки отдельных целых пазовых колец и нанизывания их затем со стороны обоих концов дугового статора (случай крупных статоров без станин) либо посредством навивки в пазы обмотки вращением самого дугового статора, укрепленного своими концами в центрах соответствующего станка (случай малых статоров без станин).

Во-вторых, при обмотках с большим полюсным делением и с малой осевой длиной статорного пакета лобовая — неактивная — часть, приходящаяся на каждый проводник кольцевой обмотки, меньше, чем у всех других типов обмоток.

В-третьих, осевой вылет лобовых частей может быть получен у кольцевой обмотки меньшим, чем при всех других обмотках.

При втором способе регулирования полюсного деления индукции и намагничающий ток статора будут убывать по направлению к большим скоростям, а пусковой ток и пусковой момент будут оставаться приблизительно постоянными.

Рациональный выбор одного из двух рассмотренных способов регулирования скорости для каждой данной суммы исходных условий есть особая задача проектного характера. В большинстве случаев первый способ более эффективен по признакам производственного выполнения обмотки, диапазона регулирования, кривой к. п. д. и коэффициента мощности.

Мелкоступенчатое регулирование скорости принципиально возможное и практически достижимое при дуговых статорах открывает им путь к таким типам рабочих машин, ротационные ср.

гены которых требуют регулирования их скорости.

Было уже доказано, что при дуговых статорах получаемые числа оборотов в минуту не только произвольны, но они могут быть еще и получены при произвольных, в определенных пределах числах полюсов. Так например, 350 синхронных оборотов в минуту могут быть получены от дугового статора, имеющего как одну пару полюсов, так и 2, 3, 4, 5, 6, 7 и включительно 8 пар полюсов.

В общем случае любое число оборотов в минуту может быть получено при любом числе пар полюсов, находящемся в пределах

$$1 \leq p \leq \frac{60f}{n},$$

где  $n$  — число синхронных оборотов в минуту на которое проектируется дуговой статор,  $f$  — частота.

Иначе говоря, при дуговых статорах число оборотов в минуту не зависит от числа полюсов.

Таким образом даже при весьма малых оборотах в минуту дуговые статоры в отличие от обычных круговых могут всегда проектироваться на любое малое число пар полюсов. Так например, при двух полюсах можно получить, скажем 120, 290, 370 или любое другое число оборотов в минуту в пределах до шестидесятикратной частоте питающего тока.

Малое число полюсов означает, что сопротивление магнитной цепи, реактивное и омическое сопротивления статорной обмотки, расход магнитной и джакулевые потери статора также малы, т. е. дуговые статоры также и для малых чисел полюсов могут иметь весовые, энергетические и сквозные характеристики, равные или близкие к таковым для круговых статоров быстроходных машин.

Тем самым прибавляется к области возможного применения дуговых статоров весьма обширный класс тихоходных рабочих машин, как, например, шаровые углеразмольные мельницы, рудодробильные и цементные мельницы, вращающиеся обжигательные печи, камнедробильные машины, компрессора, банкаброши, ленточные машины, кардмашины и т. д.

Выбор для дуговых статоров наиболее выгодного числа полюсов из всех возможных по формуле (6) есть задача расчетно-конструкторского характера, которая не может решаться вне изолированно от рабочей машины. В зависимости от ее конструкции, динамики, режима работы, эксплуатационной обстановки имеется и должна быть выбрано наивыгоднейшее число полюсов для дугового статора.

Длина дуги статора пропорциональна числу его полюсов, и поэтому задача о наивыгоднейшем числе полюсов представляет собой задачу о наивыгоднейшей дуге статора.

Для разных рабочих машин наивыгоднейшая дуга статора различна. Для одних рабочих машин выгоднее дугу иметь поменьше, скажем на 15% от всей окружности, тогда осевой размер статорного пакета будет больше. Для других рабочих машин выгоднее иметь осевой размер дугового статора возможно поменьше.

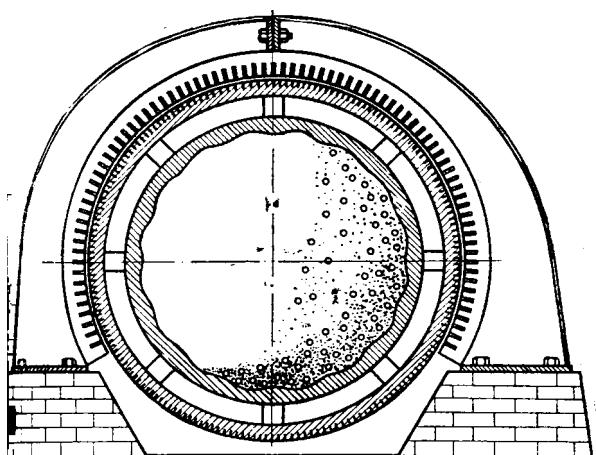


Рис. 2. Размещение дугового статора шаровой углеразмольной мельницы

акого статора дуга будет больше и может лгать, скажем, 70% от длины окружности. геометрическая форма статоров в виде дуг возможность всегда найти у рабочих машин ходящее место для установки таких статоров. достаточно для этого, чтобы была не занятаими элементами машины или сырьем неко-  
я ли лишь часть наружной или внутренней по-  
верхности обода ротационного органа рабочей  
машин, используемого в качестве ротора.  
ак например, в шаровой углеразмольной мель-  
нице, где внутренняя поверхность барабана за-  
полнена углем и шарами, а нижняя часть простран-  
ства под барабаном подвержена загрязнению и  
сливанию, — дуговой статор свободно разме-  
щается в верхней части снаружи барабана (рис. 2).  
кардной машине, где наружная поверхность  
барабана покрыта иглами и занята деталями,  
кже сырьем, дуговой статор удобно может  
быть размещен неподвижно нависающим над  
внутренней поверхностью этого барабана (рис. 3).  
компрессорах, где пространство под махо-  
вым стеснено фундаментом и подвержено дей-  
ству смазочных масел и сырости, дуговой ста-

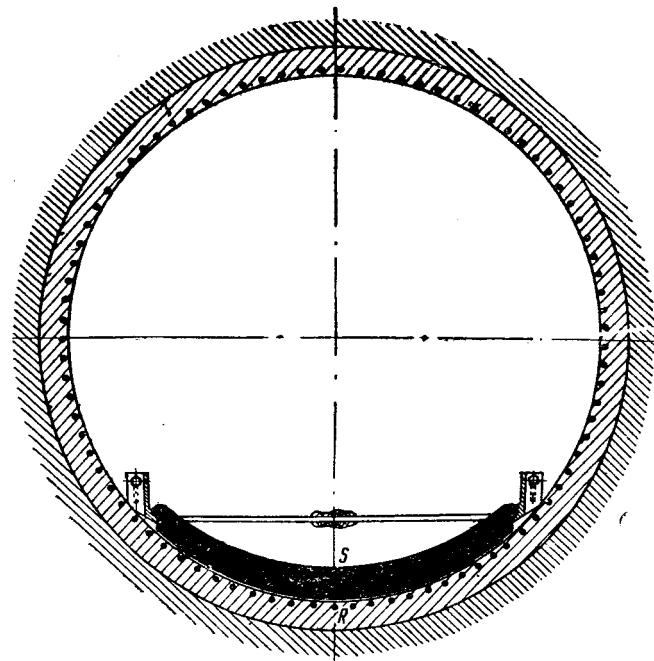


Рис. 3. Размещение дугового статора кардной машины

тор может быть расположен снаружи, в верхней части пространства над маховиком. Вылет вала маховика может быть при этом сокращен. Более того, маховик может быть размещен в машине не на свешивающемся конце вала, а в любом более выгодном месте машины.

Таким образом геометрия дуговых статоров не только не вступает в противоречия с геометрией машин, но во многих случаях сама создает предпосылки и возможности комплектовать наиболее рационально органы самой рабочей машины.

Главные размеры — диаметр и осевая длина обода ротационного органа рабочей машины, как бы практически велики они ни были, не создают ни электромеханических ни конструкционных противоречий при дуговых статорах для превращения таких больших ротационных органов в короткозамкнутые роторы.

*(Окончание следует)*

## К столетию электромагнитного телеграфа Морзе (1837—1937 гг.)

М. М. Савоцкий  
Москва

1832—1837 гг. — знаменательные даты в истории изобретения электромагнитного телеграфа, определившего собою почти на целое столетие основные пути развития телеграфной связи.

4 сентября 1837 г. Самуил Финли Бриз Морзе в Нью-Йорке передал впервые при помощи своего прибора особой условной азбукой на бумажной ленте слова: «удачный опыт над телеграфом сентябрь 4, 1837». Это событие, а затем и последовавшая после этого выдача в США 6 октября 1837 г. Морзе патента, привели в восторг как самого Морзе, так и его компаний — доктора Леонарда Галя и фабриканта Альфреда Вейля. Морзе сейчас же сообщил об этом своем изобретении в нью-йоркскую газету «The New-York Journal of Commerce», в журнал «American Journal of Science and Arts», затем появилась его статья в ноябрьском номере 1837 г. журнала «Journal of the Franklin Institute» и в февральском номере 1838 г. «London Mechanics Magazine».

В этих статьях между прочим было следующее утверждение Морзе: «я утверждаю, что я первый заявил мысль и изобрел электромагнитный телеграф 19 октября 1832 г. на пакетботе Sully во время моего переезда из Франции в Соединенные американские штаты. Следовательно, я — изобретатель первого удобного для употребления телеграфа. Все телеграфы в Европе, без исключения, изобретены позже моего».

В силу этого, а также еще и потому, что многие и по настоящее время считают Морзе первым изобретателем «удобного для употребления телеграфа», — необходимо, отмечая столетие электромагнитного телеграфа, особо остановиться на именах и работах тех ученых, которые своими оригинальными и творческими предложениями явились действительными основоположниками телеграфа.

В развитии телеграфа на принципах *применения электричества* следует различать два этапа. Первый — основан на использовании *статического электричества*, второй — на применении *электрического тока*. Практическое применение статического электричества для телеграфных сношений осуществлено было в 1753 г. шотландцем Чарльзом Маршалем в Ренфрию. Последний построил свой телеграф на свойстве наэлектризованных тел притягивать легкие предметы, как например, кусочки бузины, бумаги и т. п. Затем на этом же принципе были предложены проекты телеграфа Лудольфом в Берлине, Винклером в Лейпциге, ле-Монье в Париже и др. Развитию электрического телеграфа способствовали работы Веньямина Франклина (1747 г.) по поводу проводимости воды и земли, которые использованы практически впервые при устройстве телеграфной связи в Мюнхене Штейнхайлем в 1838 г., где в качестве обратного провода была применена земля.

Однако статический телеграф не развивался по целому ряду причин. Он просуществовал лишь до начала прошлого столетия. Главная слуга статического электричества, применявшегося для телеграфных целей, состояла в том, что оно дало толчок ученым того времени занять более углубленным изучением различных неясных вопросов и тем значительно продвинуть вперед самую науку об электричестве.

Таким образом есть сравнительно длинный период XVIII столетия следующий рассматривая как период подготовительной работы, как переходную стадию от прежних систем телеграфных сношений, до телеграфа в том смысле, в каком он сохранился до наших дней, и начало которого фактически положено на рубеже XVIII и XIX столетий.

Более благоприятная обстановка сложилась для развития электрического телеграфа после изобретения *Вольтова столба* (1799 г.) и применения *гальванического тока*. Начало этого положил профессор медицины в Болонье Алоизий Луиджи Гальвани в 1786 г., который случайно открыл появление электричества через соприкосновение одноюных металлов. Гальвани и Вольта не сумели вслед за спубликованием своих работ найти их применение в телеграфии. Опыты Гальвани и Вольта посвятили немецкому анатому и физиологу Самуилу Земмерингу в 1809 г. построить телеграф, действовавший на принципе электролиза. Однако такой телеграф, как обладавший рядом недостатков, не нашел себе практического применения.

В 1802 г. итальянец Джованни Доменико Романьози в Инсбрукке открыл, что *магнитная стрелка отклоняется от ее нормального положения под влиянием гальванического тока*, протекающего через вблизи расположенную проволоку. Так как в этом же году об этом было напечатано в Триентской газете, а затем несколько позже (1804 г.) и в сочинении Джованни Альдини «Essai théorique expérimental sur le galvanisme», то это стало известно датскому физику Гансу Христиану Эрстеду, который повторил эти опыты и посредством удачных результатов опубликовал их в 1820 г. В этом же году Швайгер и Поггендорф на опубликованном Романьози и Эрстедом принципе сконструировали *мультипликатор*. Эти открытия послужили началом для конструирования телеграфных аппаратов с *отклоняющейся магнитной стрелкой*.

К этому же времени относится открытие *встречного влияния тока*, протекающего по двум рядом расположенным проводам (Ампер, 1820 г.) а также действие соленоида при протекании тока через его обмотки. На принципе этих законов были сконструированы различные системы телеграфных аппаратов.

больший интерес в развитии телеграфии представляет открытие законов и явления *электромагнитизма* (Араго, Дэзи, 1820 г.), надолго определивших основные пути развития телеграфа. Законы позволили уже в то время построить электромагнитных приборов (Стуржон, 1825 г., Ф. Генри, 1828 г.), в том числе *электромагнитное реле* (Генри, 1828 г.), без которого сейчас, как известно, немыслима работа телеграфа. Большое значение в деле развития телеграфии имело также *открытие закона* (1826 г.) *закона*, познавшего необходимые теоретические соотношения силы тока как в линейных водах, так и в телеграфных приборах. Наряду со всеми этими чрезвычайно важными открытиями, положившими начало новой эре — *электромагнитному телеграфу*, следует упомянуть также об открытии Фараля в 1832 г. *электромагнитной индукции*.

Таким образом к тридцатым годам XIX столетия были даны существенные физические основы для развития всех видов электрического телеграфа, практическое применение которого стимулировалось постройкой железных дорог. Потребность в установлении связи между железными дорогами стала возрасти, что заставило в полне пригодных конструкций электрического телеграфа во многих странах начать менять *оптический телеграф Шаппа* (1792 г.), существовавший и у нас с 1833 по 1854 г. Так как оптический телеграф не мог удовлетворять ни запросов железнодорожной связи, ни различных требований экономической жизни народов. Поэтому с начала тридцатых годов появился целый ряд телеграфных аппаратов, которые по их конструкции можно разделить на 3 группы: 1) с *вращающейся магнитной стрелкой*, 2) с *указывающей вращающейся стрелкой* и 3) *пишущие*. Изобретение мультиплексора и открытие за-за отклонения магнитной стрелки под влиянием тока, протекающего по расположенному вблизи воду, привело Лапласа и Ампера (1820 г.) к мысли, что всем этим можно воспользоваться в устройстве телеграфной связи, если на одной станции установить источник тока, а на другой — столько магнитных стрелок, сколько придется передавать букв и цифр. Помещая каждую стрелку в свернутую соответствующим образом проволоку, проложенную от одной станции другой, можно пропускать токи через любую проволоку и тем заставить отклоняться любую стрелку в ту или другую сторону, обозначая при передаче соответствующего знака. Однако еще не сконструировал такого аппарата. Не было также практического значения предложение Фехнера (1829 г.), Буза (1830 г.) Ритчи (1830 г.), и Александра.

Первым изобретателем *электромагнитного телеграфа* в 1832 г., в его удобном практическом исполнении, был наш соотечественник *Павел Иванович Шиллинг*<sup>1</sup>. Его аппарат в первоначальной

Родился в Ревеле 5 апреля 1786 г., умер 25 июля 1837 г. в Петербурге.



Рис. 1. П. И. Шиллинг

конструкции показан на рис. 2. Справа установлен передатчик 1, а слева — приемник 2. Оба прибора соединены между собой восемью проводами. Позднее Шиллинг применил для соединения двух станций между собой два провода. Передатчик состоит из 8 пар клавиш белого и черного цвета каждая пара. Под этими клавишами расположены две медные шины, не касающиеся клавиш в состоянии покоя. Шесть пар клавиш при помощи проводников соединялись с мультиплексорами 4 приемной станции, седьмая соединялась обратным проводником и, наконец, восьмая предназначалась для вызывного (звонкового) мультиплексора 5. Приемник 2 состоял из шести мультиплексоров 4, внутри обмоток которых подвешивалась на шелковой нитке магнитная стрелка. На той же нити над обмоткой укреплялся картонный кружок 6, одна сторона которого оставалась белой, а другая — окрашивалась в черный цвет. Эти кружки, если смотреть спереди аппарата, могли занимать три положения: а) при пропускании тока в одном определенном направлении кружок поворачивался к принимающему телеграмму, например, черным цветом, б) при пропускании же тока в другом направлении кружок поворачивался белым цветом и в) при отсутствии тока в цепи мультиплексора кружок виден был только своим ребром, и глазу наблюдателя представлялся черточка. Сочетание этих кружков в известной комбинации — белых и черных и черточек — давало условную азбуку, по которой

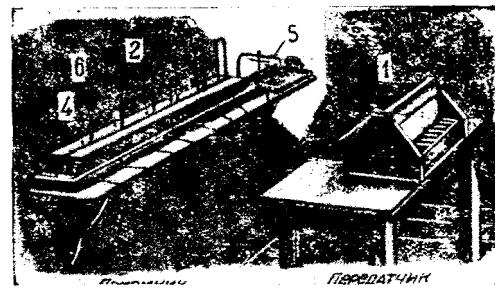


Рис. 2. Телеграфный аппарат Шиллинга 1832 г.

и можно было читать текст передаваемой телеграммы. Так например, чтобы передать букву *A*, надо было нажать белую клавишу первой пары и черную клавишу седьмой пары. Перед началом передачи телеграммы нажималась восьмая клавиша, отчего на приемном аппарате получался звонок, привлекая этим внимание лица, принимающего телеграмму.

Аппарат Шиллинга был в С.-Петербурге предметом всеобщего внимания. Изобретатель должен был довольно часто демонстрировать его отдельным лицам, а иногда и целому обществу любопытных. Правительство Николая I не оказалось изобретателю никакой поддержки. После опытов, произведенных в С.-Петербурге в 1832 г. и в последующие годы, Шиллинг в мае 1835 г. предпринял

нял путешествие по западной Европе и на съезде врачей и естествоиспытателей в Бонне на Рейне показывал свой телеграфный аппарат в секции физики и химии. Этот аппарат увидел здесь англичанин Уильям Кук, специалист по изготавлению препарированных анатомических моделей, который изготавливал копию аппарата частично в Гейдельберге, а частично во Франкфурте и уже 22 апреля 1836 г. отправился с ним в Лондон.

В Лондоне Кук обратился 27 февраля 1837 г. к проф. Чарльзу Уитстону, причем тогда же они решили ввести в Англии телеграфные сношения, воспользовавшись для этой цели аппаратами Шиллинга. Первый опыт Кука и Уитстона передачи сигналов на открытом воздухе на протяжении нескольких английских миль происходил за 12 дней (12 июля 1837 г.) до смерти Шиллинга в С.-Петербурге. 19 ноября 1837 г. Кук и Уитстон заключили между собою акт о товариществе, а 12 декабря представили описание их аппарата, объявляя его не изобретением, а лишь улучшением.

Почти одновременно с Шиллингом (1834 г.) над устройством стрельчатого телеграфного аппарата в Германии работали геттингенский математик и астроном Карл Фридрих Гаусс и физик Вильгельм Вебер.

Аппарат Гаусса и Вебера представлял собою видоизменение аппарата Шиллинга<sup>2</sup>. Существенное отличие состояло в том, что он работал не от гальванического тока (Вольтов столб), а на принципе законов электромагнитной индукции. Передатчик состоял из столика *A* (рис. 3), внутри которого помещен сильный магнит *B* из 2 или 3 постоянных магнитов в 10 kg каждый. Магниты располагались одноименными полюсами так, чтобы концы их выступали сверху и снизу стола. На этот магнит надета деревянная катушка *E* с медной проволокой, изолированной шелком. Изготовленная вначале катушка имела 1050 витков, затем число витков катушки было доведено до 7000 при общей длине проволоки до 2130 м. Если катушку *E* перемещать вдоль магнита в том или другом направлении при помощи рукояток *B*<sub>1</sub> и *B*<sub>2</sub>, то в ее обмотке будет индуктироваться э. д. с.

Эта э. д. с. используется для образования необходимого линейного тока, направляемого на приемную станцию по проводам *L*<sub>1</sub> и *L*<sub>2</sub>. Соединительная часть рукояток *B*<sub>1</sub> и *B*<sub>2</sub> вращалась вокруг горизонтальной оси и образовывала собою ртутный коммутатор, при помощи которого можно было либо изменить направление тока в линейных проводах либо прекратить его вовсе. Так возник первый коммутатор.

Приемный аппарат (рис. 4) состоял из мульти-

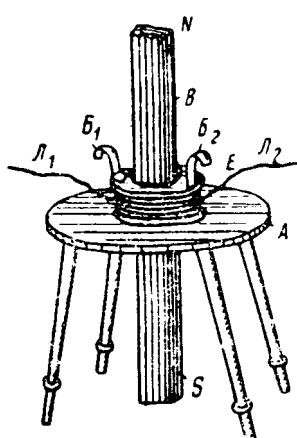


Рис. 3. Телеграфный аппарат Гаусса и Вебера (передатчик)

<sup>2</sup> Вебер был в 1835 г. в Бонне на съезде, когда Шиллинг показывал там свой аппарат.

плектатора *HH*, устроенного в виде медной на которую намотана изолированная прово своими концами включаемая в линию *L*<sub>1</sub>*L*<sub>2</sub>, лированная проволока мультиплектатора в начальном виде при 270 оборотах имела длины, затем эти размеры соответственно увеличены до 610 оборотов и 1883 м. Вместо магнитной стрелки подвешивалась нитный стержень *MM* длиною в 1,21 м, шир 75 м и толщиною 15 м и весом до 1. Подвесом служили 200 шелковых нитей *A*, крепленных на потолке к деревянному вину при помощи которого магнит можно было нимать и опускать. На медной стойке *K*, прящей через раму *HH*, находится зеркаль-

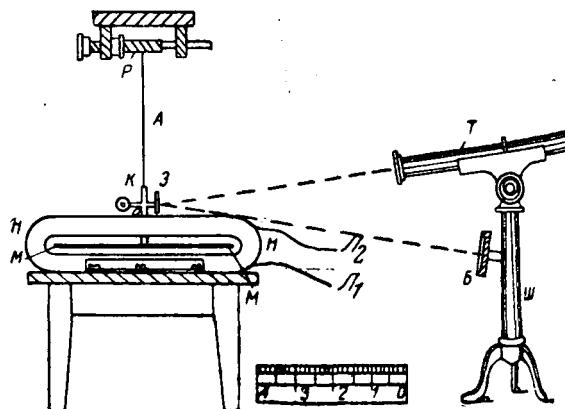


Рис. 4. Телеграфный аппарат Гаусса и Вебера (приемник).

которое вращается вместе с магнитом. Оно расположено таким образом, что шкала *B* штатива *Ш*, отражаясь в нем, может быть видна в зрительной трубе *T*.

Передача телеграмм осуществлялась таким образом, что при снимании и надевании катушки (рис. 3) и при помощи особого коммутатора можно было в приемном мультиплектаторе *HH* (рис. 4) получить токи того или другого направления. Из соединения одного или нескольких таких о клонений образуются условные знаки, которыми давали все буквы алфавита.

Телеграфная связь Гаусса и Вебера по аппаратам, общий вид которых показан на рис. 5, пр существовала до 1838 г., линия же сохранила дольше и была разрушена грозой в 1845 г.

Профессор математики и физики в Мюнхене Карл Август Штейнхейль внес существенные изменения в рассмотренный выше аппарат Гаусса и Вебера. В 1836 г. в Геттингене он изготавливал один экземпляр своего аппарата, а в 1837 г. установил телеграфную связь по двум аппаратам. Вначале соединительные линии были проложены под землей, но ввиду плохой их изоляции они были вскоре заменены воздушными линиями в расстоянии 5 km, проложенными по крышам высоких строений и укрепленными на деревянных мачтах.

Приемное и передающее устройства были обединены в аппарате Штейнхейля в одно целое (рис. 6). Вместо тяжелого магнитного стержня примененного Гауссом и Вебером в своем аппарате для получения более продолжительных ко-

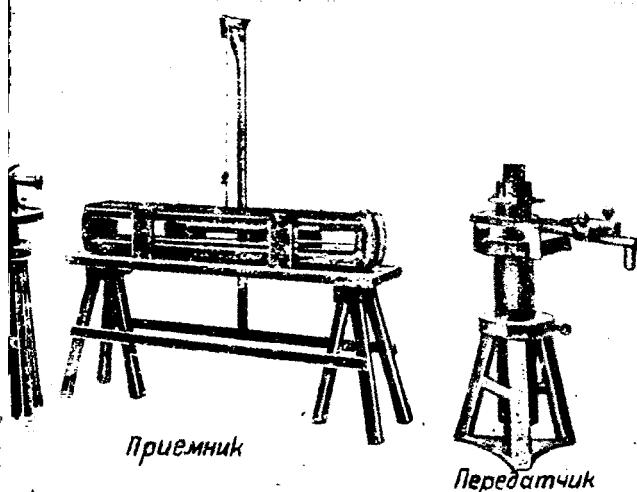


Рис. 5. Общий вид приемно-передающей телеграфной станции Гаусса и Вебера 1834 г.

й, Штейнхейль использовал стержень размерами  $60 \times 10 \times 0,5$  mm. Передатчик состоял из индуктора с двумя катушками электромагнита в 15 000 витков изированной проволоки и постоянного подковообразного магнита весом около 150 kg. Вращая катушки электромагнита при помощи рукоятки  $P$ , можно получить переменный ток, который при помощи коллектора в виде двух полуколец, вращаясь и направляясь по проводам на приемную станцию. На оси рукоятки  $P$  устроен, кроме того, батарейный коммутатор, позволяющий с помощью особого балансира менять направление тока.

Приемный аппарат, показанный на рис. 6 слева, состоит из часового механизма  $K$  с заводной пружиной для перемещения ленты  $L$ , электромагнитного якоря приемника  $P$  и двух чащечек  $Z$  и  $Z'$  для акустического приемника (рис. 7) состоит из приемно-пишущей и приемно-акустической частей. На рис. 7 показан вид сверху слева пишущей, а справа — акустической частей. Два стержня  $M_1$  и  $M_2$ , вращающиеся свободно на вертикальной оси, помещены внутри мультиплексора  $D$  из 600 витков изированной проволоки. На концах стержней  $M_1$  и  $M_2$  укреплены пишущие рычаги  $P_1$  и  $P_2$  с большим сосудом для краски, перед которыми вращается вертикально через две оси  $O_1$  и  $O_2$  лента  $P$ . В нормальном положении стержни  $M_1$  и  $M_2$  своими концами прижаты к фармам  $A_1$  и  $A_2$  и пишущее устройство находится в покое, занимая положение, показанное на рисунке. При протекании же через катушку мультиплексора тока и вследствие постоянной фазации магнитами  $B_1$  и  $B_2$ , одноименные из которых имеют противоположную полярность, один из стержней выйдет из состояния при положительном направлении тока, а другой — при отрицательном. На бумажной ленте появятся при этом знаки в две строчки особой для Штейнхейля, как это видно на ленте слева. Письмо и слуховой прием получаются при помощи второго мультиплексора (рис. 7, справа), который включается последовательно в цепь

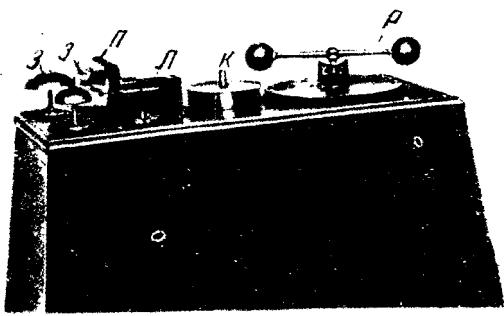


Рис. 6. Пишуший телеграфный аппарат Штейнхейля 1837 г. (общий вид)

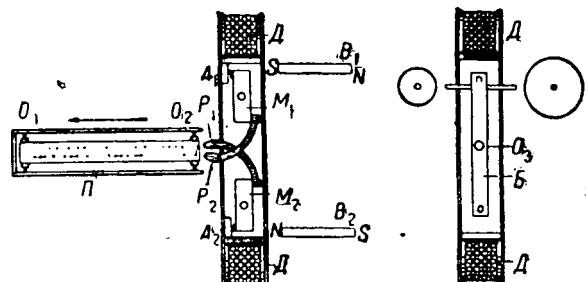


Рис. 7. Приемная часть телеграфного аппарата Штейнхейля. Пишушая часть (слева) и звуковая часть (справа)

с описанным выше и, при помощи помещенного внутри его более длинного стержня  $B$ , свободно вращающегося на оси  $O_3$ . При протекании тока того или другого направления в катушке этого мультиплексора стержень  $B$  ударяется то в левую (меньшую) то в правую (большую) чащечку, отчего получается разный звук, по которому и можно судить о передаваемом сигнале.

Скорость работы на аппарате Штейнхейля при слуховом приеме достигала до 56 букв в минуту, а при пишущем приеме несколько больше. К концу 1837 г. было уже установлено 4 таких приемно-передающих станций с общим протяжением линий до 12 km, причем практическое применение они нашли на вновь сооруженной железной дороге. Телеграф Штейнхейля просуществовал около 12 лет.

Далее следует отметить работы Кука и Уитстона в области телеграфии. Как уже отмечалось выше, развитию телеграфии Англия обязана нашему соотечественнику П. Л. Шиллингу, аппарат которого Кук привез в Англию и по его образцу совместно с Уитстоном сконструировал 5-стрельчатый телеграфный аппарат. Такими аппаратами в 1840 г. в Англии была оборудована телеграфная связь на Грет-Вестернской ж. д. на протяжении 60 km.

5-стрельчатые аппараты вскоре были заменены Куком и Уитстоном другими конструкциями, сначала с двумя стрелками, а затем с одной. Эти последние аппараты имели большой успех и применялись в Англии в течение нескольких лет, так как они позволяли между двумя пунктами иметь только один провод, другим служила земля. Прием телеграмм на однострельчатых аппаратах производился путем чтения букв алфавита, расположенных

ных на передней панели аппарата, против которых останавливалась отклоняющаяся стрелка. Однако стрельчатые аппараты Кука и Уитстона обладали существенными недостатками, в силу которых они не нашли себе применения в других странах.

Большая заслуга Кука и Уитстона в изобретении ими реле и телеграфного аппарата *с вращающейся стрелкой*. Впервые годный для практического применения такой телеграфный аппарат был ими сконструирован в 1839 г., причем здесь был использован часовой механизм с торможением электрическим током. Однако и этот аппарат в практическом применении оказался мало удобным, ибо движение передатчика рукою не всегда в точности соответствовало движению стрелки приемника. Между тем передача телеграмм здесь только и была основана на строгом выполнении этих требований. В силу этого ученые того времени, признавая мысль Уитстона весьма полезною в практическом применении для телеграфного аппарата, занялись его усовершенствованием. В Англии Байн, Маппли, Броун, Ротт, Барков и др. получили привилегии на изобретение ими усовершенствования телеграфного аппарата Уитстона. Однако все они вместо упрощения сделали его настолько сложным, что их аппараты оказались вовсе непригодными в применении на практике. Французы были счастливее в этом отношении. Аппарат Брегета, построенный на принципах аппарата Уитстона, вошел во всеобщее употребление на телеграфных линиях ж. д. Франции. Кроме того, Гарнье и Фроман сконструировали также годные к эксплуатации телеграфные аппараты.

Наибольшего совершенства аппарат Уитстона достиг в Германии. Фардели в Мангейме, Леонгард в Берлине, Дрещер в Касселе, Крамер в Нордгаузене, Штерер в Лейпциге и в особенности Сименс и Гальске в Берлине внесли большой вклад в дело усовершенствования телеграфных аппаратов *с вращающейся указательной стрелкой* и довели их до такого состояния, что они вполне удовлетворяли запросам эксплуатации пятидесятых годов прошлого столетия. Аппараты Сименса и Гальске, Крамера, Штерера применялись почти на всех линиях ж. д. Франции.

В России к этому же времени относятся работы акад. Б. С. Якоби, стрельчатые аппараты которого с 1839 по 1841 г. работали в С.-Петербурге на линиях, соединявших Зимний дворец с главным штабом и Царское село с Александреей. Якоби приложил также заслугу изобретения пишущего телеграфного аппарата, на котором запись условных знаков производилась на движущейся фарфоровой доске карандашом, прикрепленным к якорю электромагнита.

После всего того, что сделано было в Европе

до сентября 1837 г. Шиллингом, Вебером, сом, Штейнхайлем, Куком, Уитстоном, и др., нельзя, конечно, приписать изобретение первого электромагнитного телеграфного аппарата только Самуилу Фингли Бриз Морзе.<sup>3</sup>

Морзе (рис. 8) по профессии живописец и

птор два раза был в Европе с 1811 по 1815 г. и с 1832 г. с целью изучить пись. Возвращаясь в 1832 Гавра на родину в Нью-Йорк Морзе случайно познакомился пароходе «Sully» с доктором Чарльзом Джексоном, который изучал в Париже среди других предметов электромагнетизм Джексон, рассказывая спутникам об опытах по электромагнетизму и здесь же демонстрируя их при помощи ишегося у него прибора, указывал на возможность применения электромагнетизма в телеграфии. Здесь, говорит Морзе, у него родилась мысль использовать электричество для графической передачи знаков, которые обозначали бы буквы, цифры или сло



Рис. 8. С. Морзе

Однако по возвращении на родину Морзе в 1835 г. ничего не предпринял для осуществления своих мыслей, кроме изготовления механических действующих букв. Правда, занятиям по конструированию аппарата не благоприятствовала бытовая обстановка Морзе. Он жил в большой материальной нужде и его единственная комната служила ему художественной мастерской, столовой и спальней. Вечером, в сумерках, он садился в лавку за провизией и сам стяпал кушанье. Как видно из его показаний во время судебнога тяжбы по поводу изобретения, бедность Морзе доходила до того, что он не мог заплатить почте за письма, чтобы их получить. В ноябре 1835 г. Морзе, работая в качестве преподавателя живописи и литературы графических искусств Нью-Йоркского университета, получил в здании последнего квартиру, где и решил серьезно заняться разработкой конструкции электромагнитного пишущего телеграфного аппарата.

Однако, так как у него не было достаточного знаний, то все первые попытки окончились ничем. Вскоре Морзе обратился к содействию профессора химии, его соседа по квартире, доктора Леонарда Галля, который и помог ему в осуществлении его замыслов. По утверждению американских данных в 1835 г., а по сопоставлению которых дат — 15 апреля 1837 г. Морзе опубликовал модель своего аппарата, показанную на рис. 9. Именно в 1837 г., когда правительство США решило ввести оптический телеграф, а также, когда в Америку пришло известие об успешном развитии электромагнитного телеграфа в Европе, — Морзе и Гальль принялись с необычайным усердием за опыты. Американские газеты

<sup>3</sup> Родился 29 апреля 1791 г. в Чарльстоне — штат Массачусетс, умер 2 апреля 1872 г. в г. Путилки — штат Нью-Йорк, научная библиотека

ищту своего соотечественника сейчас же на-  
ши утверждать, что Морзе изобрел свой те-  
лефонный аппарат уже в 1832 г., причем Морзе  
ставил капитана корабля «Sully» Пилля уже  
ранее подписать записку, в которой последний  
заявляет, что Морзе действительно изобрел  
телефон в 1832 г. во время пребывания своего  
этот корабль. Такими мерами Морзе воздей-  
ствовал на американских судей, которые признали  
изобретение 1832 г. В действительности же  
неопределенные и расплывчатые идеи, какие  
никли у Морзе в 1832 г. во время поездки  
в корабль и которые он в течение последую-  
щих пяти лет не претворил в какую-либо реаль-  
ность.

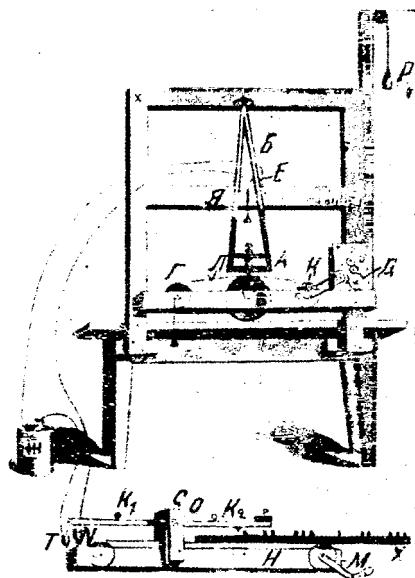


Рис. 9. Первая модель пишущего телеграфного аппарата Морзе—Галя 1837 г.

ю форму, — нельзя рассматривать как осущест-  
ленное изобретение. Таким образом возникно-  
вение первой модели аппарата Морзе надо от-  
нести к сентябрю 1837 г., хотя позднее эта модель  
только была изменена, что в действительности  
аппарат в годном для работы виде появился  
только в 1844 г.

Принцип аппарата Морзе — Галя 1837 г. (рис. 9)  
стоял из электромагнита *E* весом до 92,5 kg,  
склоненного на половинной высоте старой  
штильной рамы, пишущего рычага *A*, подвешен-  
ного подвижном рычаге *B*, часового механизма *D*  
старых деревянных часов для вращения вала *K*, приводящего в движение бумажную лен-  
ту *L* через *B* и *G*. Справа, на вертикальной де-  
янной стойке укреплена гиря *P* для приведе-  
ния в действие часового механизма. При протек-  
тии тока через обмотку электромагнита якорь *Я*  
тягивался и так как он прикреплен к верти-  
циальному подвижному плечу рычага *B*, опущен-  
ному с верхней части рамы — основания аппарата,  
связанный с ним карандашный шрифт рычага *A*  
дет в горизонтальное движение, вперед  
и назад, изображая зигзагами на бумажной ленте  
(с. 10) знаки условной азбуки. Принятый Морзе  
шрифт в этом аппарате состоял из девяти цифр

и ноля. Из них Морзе составлял не слова, а толь-  
ко числа. *Каждое слово обозначаюсь особым чис-  
лом* или номером. Для чтения был составлен  
в алфавитном порядке словарь, в котором и сле-  
довало отыскивать каждое слово, получаемое  
с передатчика в виде цифр. Одиннадцатый знак  
предназначался для обозначения того, что после-  
дующий цифровой знак обозначает не слово,  
а число. Чтение на ленте этого условного шрифта  
для цифрового представления не составляло осо-  
бого труда, если иметь под рукой особый сло-  
варь.

Передатчиком служил прибор (рис. 9), состояв-  
ший из основания *H*, на котором устроен валик,  
вращающийся на оси при помощи рукоятки *M*,  
стойки *C* с перемещающимся на оси *O* рычагом  
*K<sub>1</sub>K<sub>2</sub>* и контактных (ртутных) чашечек *T* и *U* для  
замыкания цепи тока от батареи *J*. Для соста-  
вления требуемой телеграммы в линейку *X* на-  
бирались соответствующие знаки (типы), затем  
она пропускалась посредством вращения рукоят-  
ки *M* под рычагом *K<sub>1</sub>K<sub>2</sub>*, служащим для замыка-  
ния и размыкания цепи, и при нажатии послед-  
него его контакт *K* становился на соответствую-  
щий знак. Благодаря этому у чашечек *T* и *U* цепь  
замыкалась, и электромагнит приемника срабаты-  
вал точно на то время, пока движущаяся линей-  
ка *X* своим типом проходила над контактом *K<sub>2</sub>*.

Аппарат этот, конечно, не годен был для прак-  
тического употребления. Альфред Вэйль, посе-  
тивший Морзе в числе других лиц, изготовил аппа-  
рат на своей фабрике и значительно его улуч-  
шил. Он, как и доктор Галь, сделался впослед-  
ствии соучастником Морзе в изобретении и полу-  
чил часть присужденной Морзе суммы денег.

Весной 1838 г. Морзе просил от конгресса  
26 000 долл. для устройства испытательной линии,  
но в этом ему было отказано. Морзе возобновил  
свое ходатайство в декабре 1842 г., причем 3 марта  
1843 г. ему отпустили для опытов 30 000 долл.

На эти деньги была построена телеграфная  
связь между Вашингтоном и Балтимором на про-  
тяжении 40 mil с применением аппаратов Морзе—  
Галя—Вэйля (рис. 11). Аппарат, представленный  
на рис. 11, переделан был на фабрике братьев  
Вэйль близ Морристауна в Нью-Джерсей из преж-  
ней модели аппарата, которая имела вид, пока-  
занный на рис. 9.

В 1840 г. Морзе составил свой алфавит из то-  
чек и тире, сохранившийся в основном и до на-  
ших дней. Таким образом на линии Вашингтон—  
Балтимора телеграфная работа уже осуществля-  
лась при помощи этой азбуки.

В 1847 г. аппарат Морзе—Галя—Вэйля перешел  
в Европу и здесь подвергся дальнейшему ус-  
овершенствованию в Германии Сименсом и Галь-  
ске, Штернером, Штейнхайлем, Ноттебомом и др.

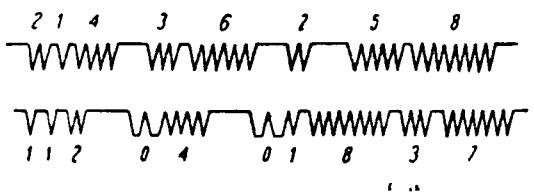


Рис. 10. Первый шрифт телеграфного аппарата  
Морзе—Галя

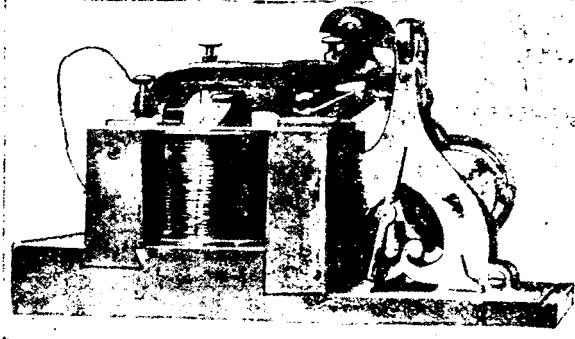


Рис. 11. Телеграфный аппарат Морзе—Галя—  
Вэйля 1844 г.

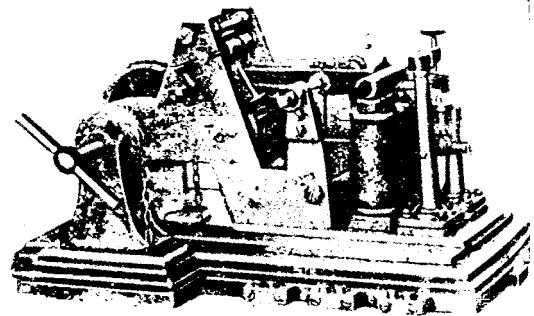


Рис. 12. Телеграфный аппарат Морзе — Сименс  
и Гальске 1851 г.

В результате этого Сименсом и Гальске был изготовлен в 1851 г. аппарат конструкции, показанной на рис. 12. Эта конструкция напоминает собою современный аппарат, названный аппаратом Морзе. В России аппарат Морзе вместо стрельчатых начал применяться с 1854 г. на вновь построенных ж.-д. линиях: С.-Петербург—Москва, С.-Петербург—Киев и С.-Петербург—Варшава. В дальнейшем он подвергся еще большим усовершенствованиям, и к настоящему времени аппарат Морзе имеет более упрощенную конструкцию, чем это было в 1851 г.

Морзе почти всю свою последующую жизнь оспаривал свои притязания на приоритет в изобретении электромагнитного телеграфа на своей родине, несмотря на то, что ему известны были существовавшие работы в этом направлении в Европе до его первых попыток. Тем не менее американцы покрыли Морзе не-

увядаемой славой изобретателя, он сделался гатым человеком, причем еще при жизни в 1871 в Нью-Йорке в его присутствии ему открыт памятник.

Тем не менее историческая справедливо требует сказать, что одному только Морзе может быть приписана заслуга изобретения первого электромагнитного телеграфа. Заслуга Морзе состоит в том, что телеграфный аппарат, получивший его имя, был с помощью других его участников и конструкторов настолько усовершенствован и доработан, что он смог благодаря своим преимуществам завоевать себе прочное место во всех странах и сохраниться и до наших дней. Не умаляя достоинств Морзе, надо сказать, что в создании электромагнитной телеграфии, которой человечество пользуется и по настоящему время, мы должны быть благодарны также и лому ряду других ученых.

## ХРОНИКА

### О производстве эмалированной проволоки и проводов с дельтаасбестовой изоляцией

25—27 января с. г. в Физическом институте Академии наук СССР состоялись совещания Все-союзного изоляционного бюро Главэнергопрома НКТП, на которых были заслушаны теоретические доклады по физике диэлектриков и о современных теоретических воззрениях на строение изоляционных материалов (акад. А. Ф. Иоффе и проф. Блохинцев).

Кроме того, был заслушан ряд докладов о работе в области изоляционных материалов наших основных исследовательских институтов и ведущих заводов электротехнической промышленности (ВЭИ, ХЭМЗ, завод «Электросила», «Динамо», Электрозвавод, завод им. Лепсе и др.).

Очень большое внимание в работе Изоляционного бюро было уделено вопросам производства эмалированной проволоки и проводов с дельтаасбестовой изоляцией. Ряд представителей заво-

дов и, в частности, зам. глав. инж. завода «Электросила» т. Ярошевича, категорически утверждают, что эмалированная проволока, выпускаемая нашими заводами, не удовлетворяет их требованиям в отношении качества, причем основным недостатком нашей эмалированной проволоки является сравнительно малая термостойкость.

Как известно, по существующим нашим техническим условиям, испытания на термостойкость производятся при температуре в 100°; представители электромашиностроительных заводов указывали, что заграничная эмалированная проволока выдерживает значительно более высокие температуры, во всяком случае не ниже 150°.

Кроме того, представителями заводов указывалось, что очень часто эмалированная проволока является совершенно нестойкой против ряда применяемых лаков и растворителей.

постановлении Всесоюзного изоляционного говорится о том, чтобы кабельные заводы в интенсивном образом вели работы в области разработки термостойких эмалей и немедленных внедрения в производство.

Еще больше претензий к кабельным заводам высказано электромашиностроительными заводами в части производства проводов с дельта-стальной изоляцией. Указывалось, что дельта-стальные провода, изготовленные заводом «Москабель», имеют очень низкие электрические характеристики. Так, этот завод гарантирует пробное напряжение провода с дельта-асбестовой изоляцией всего в 350 В, при толщине изоляции 0,15 мм на сторону.

Наконец, до последнего времени завод «Севкабель» мог выпускать только провода сравнительного сечения. Тонкие провода крупного диаметром 0,8—3 мм и эквивалентной им толщине проволоки завод «Севкабель» давать мог, причем в проекте ОСТ, разработанном заводом, ничего не говорится о термостойкости этих проводов. Правда, представителем завода ХЭМЗ было сделано сообщение, что первая партия проводов с дельта-асбестовой изоляцией, изготовленная с завода «Москабель», обладает хорошими характеристиками (пробное напряжение составляет 700—900 В при той же толщине изоляции 0,15 мм).

Лучшее качество дельта-асбестовых проводов завода «Москабель» объясняется тем, что получены им заводом новые машины фирмы Альберт, обладающие несравненно лучшим обмоточным ротором, чем сравнительно старая машина, стоящая на заводе «Севкабель».

Обстоятельство, что эмалированной проволоки и проводам с дельта-асбестовой изоляцией уделено большое количество времени, показывает, что эти провода имеют исключительное значение для нашей промышленности, и поэтому ряд мероприятий, способствующих развитию проводов с дельта-асбестовой изоляцией, эмалированной проволоки, являются крайне необходимыми и требующими выполнения в самую первую очередь.

Можно признать, что производству эмалированной проволоки с термостойкой эмалью кабельными заводами уделяется пока сравнительно мало внимания. Этот пробел должен быть немедленно устранен. Известный интерес в этом отношении представляет дальнейшее производство по применению для эмалированной изоляции итальянских лаков. Эти работы, проведен-

ные заводом «Москабель», по предложению инженера «Динамо» т. Сережникова, дали удовлетворительные результаты. Кроме того, по имеющимся патентам и литературным данным за границей и в ряде стран за последнее время запатентован интересный способ производства эмалированной проволоки на лаке, который применяется из фенолформальдегидной смолы. Применения растворителя в этом случае не нужно, что, несомненно, облегчит процесс производства. Нефтепродукты, трансформаторные масла и серная кислота на пленку из этого лака не действуют, причем (по литературным данным) очень тонкая изоляционная пленка обладает примерно такими же электрическими характеристиками, как и в несколько раз более толстая пленка масляных лаков.

По проведенным испытаниям электрическая пробивная прочность, пересчитанная на толщину изоляции в 0,01 мм, равна 1000—1400 В, после старения в течение 24 h при 80° пробивное напряжение повысилось до 1100—1900 В<sup>1</sup>.

Кроме этого, несомненно, большой интерес может представлять применение эмали из лаков с примесью изоляционных неорганических материалов, способствующих повышению теплостойкости эмали.

В отношении проводов с дельта-асбестовой изоляцией прежде всего нужно констатировать, что мы очень сильно отстали в количественном отношении, поэтому кабельные заводы должны приложить все усилия, чтобы в ближайшее время установить несколько десятков ходов таких машин, подобных четырем ходам приобретенных у фирмы Альберт Тодэ.

Конструктивно эти машины очень просты и при надлежащем инициативном ведении дела, несомненно, кабельные заводы в ближайшее время смогли бы в достаточном количестве обеспечить выпуск проводов с дельта-асбестовой изоляцией.

Наконец, необходимо теперь же провести глубокую исследовательскую работу в области электрических и физических свойств дельта-асбестовой изоляции, в частности, необходимо разрешить вопрос о получении более тонкой асбестовой изоляции с повышенной электрической прочностью.

Кроме того, необходимо найти методы, устраивающие высокую гигроскопичность асбеста. Эти задачи, совместно с научно-исследовательскими институтами, также должны быть в ближайшее время разрешены нашими кабельными заводами.

<sup>1</sup> «Новости техники» № 53—54.

В. А. Привезенцев

# БИБЛИОГРАФИЯ

## CROFT T. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК, НЬЮ-ЙОРК—ЛОНДОН. 1936. 1049 стр.<sup>1</sup>

Справочник предназначен для электротехников-практиков, работающих по инсталляционным установкам и в распределительных сетях, для мастеров мелких электрических станций щитовых и для монтеров по наружной проводке, т. е. для лиц, не получивших систематического технического образования. Однако он может дать ряд практических сведений и технических образованному инженеру в части инсталляционных материалов и их выбора, а также практических советов по эксплуатации оборудования и пр.

Первое издание справочника появилось в 1913 г. Затем он был переиздан в 1921 г. В 1932 г. переработан с учетом изменения в оборудовании и методах монтажа. В 1936 г. был снова обновлен, главным образом, в части согласования его текста с новыми Национальными электротехническими правилами и нормами, изданными в США в 1935 г.

Материал, таким образом, достаточно проверен за четверть века существования, и это заставляет отнести к нему с особым вниманием, в особенности учитывая предстоящее создание нашей собственной справочной литературы.

Первое, на что обращаешь невольно внимание при просмотре книги, — это внешность справочника, его удобный формат, легкость отыскания в нем необходимых сведений.

Затем следует отметить, что автор ограничил себя довольно узкой областью — монтаж и эксплуатация мелких, маломощных установок с напряжением не выше 2500 В. Это позволило при относительно небольших размерах справочника вполне охватить предмет, так что по справочнику можно не только найти какое-нибудь сведение, но и научиться, понять сущность явления.

Весь материал справочника разбит на шесть разделов: 1) краткие основы электротехники, 2) генераторы и моторы, 3) наружная распределительная сеть, 4) монтаж внутренней проводки, 5) трансформаторы, 6) электрическое освещение.

В первом разделе помещено несколько таблиц для перевода мер, таблицы натуральных тригонометрических функций для углов от 1 до 100° и таблица множителей для определения скидок с цен каталогов. Никаких алгебраических и тригонометрических формул, обычных для наших прежних справочников, книга не содержит.

Дальше следует изложение теории электротехники, причем для объяснения законов электротехники используется в основном гидравлическая аналогия, которую автор применяет даже для объяснения законов излучения светового потока из сферического источника света. Основные формулы поясняются краткими примерами на материале, непосредственно относящемся к монтажу мелких установок. Эта часть доступна для понимания человеку, имеющему образование, соответствующее 2—3 классам нашей школы. В то же время, ряд практических сведений по проверке и испытанию изоляции машин, проводов и т. д. представляет интерес и для подготовленного человека.

В такой же простой форме даются сведения и инструкции к пользованию рядом измерительных мостов, мостиков для нахождения места повреждения в кабельной сети, проверка схемы и т. д. Очень подробно разбираются конструкции и типы проводов, применяемых для внутренних проводок. Наряду с практическими указаниями о методах соединений (контактов) проводов, даются формулы для выбора сечений, таблицы для подсчета веса проводов и многочисленные схемы соединений для разных систем распределения тока. Для упрощения расчета проводов дано несколько номографических таблиц.

Несколько последних страниц этого раздела посвящено экономическим вопросам, в частности закону Кельвина

о выборе наивыгоднейшего с экономической точки зрения сечения меди в линии.

Второй раздел о генераторах и моторах содержит сведения о свойствах и характеристиках малых генераторов постоянного и переменного тока. Значительное внимание уделено приемам эксплуатации (находуза за коллектором) и нахождению повреждений генераторах, моторах — обрыву проводов, короткому замыканию и пр. Несколько страниц отведено для подробным таблицам для определения и установки повреждений в моторах постоянного тока. Для переменного тока аналогичные сведения даны в тексте.

Много места уделено вопросу о регулировке моторов переменного тока путем применения для сложных схем. Также много места отведено пускющим устройствам моторов. Однако материал и главным образом, описательный характер, указан выбору аппаратуры почти не дано, таким образом, этот представляется с нашей точки зрения неудовлетворительным.

Заключительная часть раздела о моторах содержит сведения по выбору и устройству ременных и зубчатых передач от мотора к приводимому им орудию.

Третий раздел — наружная распределительная сеть, даёт стандартные формы простейших опор и простые методы их установок. Некоторый интерес представляет методы усиления подгнивших оснований деревянных и железными скобами и бетоном или металлической сетью и бетоном. Интересны также и способы применения многочисленных видов оттяжек для опор, способы крепления, способы прохождения мимо и через их кронштейны обрезки или повреждения дерева.

Несомненный интерес представляют те же сведения о подземной прокладке кабелей, преимущественно в тонких блоках, способы чистки этих блоков и способы протаскивания кабелей. Однако эта прокладка в большинстве случаев требует лишних затрат меди.

Четвертый раздел — монтаж внутренней проводки, наиболее обширен по объему. Основное внимание уделяется на монтажном материале и проводах и отражено на схемах проводки. Материал интересен по разнообразию типов защиты проводов внешней оболочкой. Несколько многочисленны типы труб для скрытой проводки.

Раздел оканчивается некоторыми данными и таблицами по подсчету рабочего времени на монтаж, несколькими схемами для иллюминации и светящихся вывесок и указаниями по монтажу проводки для нагревательных боров.

Пятый раздел посвящен трансформаторам, причем основной материал состоит из схем соединений и схем соединений небольших однофазных осветительных трансформаторов.

Шестой раздел содержит сведения по светотехнике. После подробного ознакомления со справочником уже остается некоторое неудовлетворение: под отрывистостью и отчетливой формой поданы преимущественно давно известные сведения. Материал имеет развлекательный характер. Ничто не толкает мысль к дальнейшему совершенствованию, к применению новых методов. Правдивому, составители книги не были также свободны от фирменных влияний — во всех разделах имеются ссылки на инструктивный материал фирм Вестингауз. Авторы широко использовали материал периодической литературы, обычно указывая источник заимствования. Хочется отметить, что при составлении наших справочников, хотя в этом году наши издательства должны выпустить довольно большое количество, им удастся дать в этом отношении более высококачественный материал.

Г. Г. Гуденсон

<sup>1</sup> По материалам библиографического сектора Гос. научной библиотеки НКТП СССР.

## НОВЫЕ КНИГИ

**ИШУК И. Б. и КРАЙЦБЕРГ М. И. Тяговые контакторы.** Под ред. инж. А. И. Кричко. М.—Л., Глав. ред. энергетической лит-ры, 1937, 64 стр. с илл., ц. 1 р. 25 к. Книге даны сведения о назначении и типах контакторов, разобраны схемы электропневматического контактора и методы его изготовления. Приводится описание промагнитных контакторов, пружиновых контакторов 305 и пнкг-162, способов сборки их. Даются сведения о эксплуатации. Книга предназначается для рабочих и квалификации.

**ЮФ. КЕЙНАТ Г. Электроизмерительная техника. Т. 2.** под профессоров Н. Н. Пономарева и Е. Г. Шрамко. Допущено ГУУЗ НИКТП в качестве учебного пособия вузов. Л.—М., Глав. ред. энергетической лит-ры, 395 стр. с илл., ц. 5 р. 10 к., перепл. 75 коп.

Втором томе описываются методы измерений как привычных, так и некоторых неэлектрических величин, например, время, путь, скорость, ускорение и др. Изложены литературных данных в изложение вошло описание наиболее важных, лучших современных методов.

**ЗБЕДЕВ В. А. Электрические печи с криптовым соединением для лабораторий огнеупорной промышленности.** Харьков. Го. научно-технич. изд-во Украины, 1935, тр. с илл., ц. 2 руб.

В работе дано краткое описание наиболее распространенных лабораторных криптовых печей — трубчатых и съёмных, а также печей, изготовленных по указанию автора. Описаны приемы изготовления сложных и наиболее ответственных частей к печам и приведены практические указания по уходу за ними.

**Международные нормы и правила по энергетике.** Под ред. акад. А. В. Винтера и проф. М. А. Шателена, 1936 (Комитет по участию СССР в Международных энергетических объединениях). Беспл. **Вып. 2. Нормы Международной электротехнической комиссии для электрических машин.** под ред. проф. В. А. Толвинского, 29 стр.

**Вып. 5. Руководящие указания МЭК по нормализации наименования движущих органов управления и по сигнальным замкам выключателей.** Перевод под ред. проф. Б. Е. объева, 8 стр.

**Вып. 6. Нормы Международной электротехнической комиссии для стрелочных электроизмерительных приборов: амперметров, вольтметров и однофазных ваттметров.** Перевод под ред. проф. Н. Н. Пономарева, 10 стр.

**Вып. 7. Международные правила для испытания освивных кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией для высоких напряжений от 10 до 60 кВ (проект).** Перевод под ред. инж. С. А. Яковлева, 12 стр.

**Вып. 8. Сведения, которые следует сообщать при за-**

просах и заказах на электрические машины. Перевод под ред. проф. В. А. Толвинского.

**Нормы времени и расценки на сооружение и монтаж линий электропередачи и подстанций высокого напряжения.** М.—Л., Научно-технич. изд-во, 1936—1937 (НИКТП СССР, Главэнерго).

В настоящее время выпущены в свет: Вып. 1. Монтаж линий электропередачи напряжением 6,35—110 кВ, 152 стр. с илл., ц. 7 р. 50 к.

**Вып. 2. Открытые подстанции. Ртутные выпрямители, 48 стр., ц. 5 руб.**

**Вып. 3. Кабельные работы, 32 стр., ц. 2 р. 50 к.**

**Вып. 4. Синхронные компенсаторы, 54 стр. ц. 4 руб.**

**Вып. 5. Монтаж распределительных устройств, 147 стр. с илл., ц. 6 руб.**

**Вып. 6. Щиты управления, 60 стр. с илл., ц. 3 руб.**

**Вып. 7. Монтаж проводов внутри здания, 32 стр. с илл., ц. 2 р. 50 к.**

**Вып. 8. Монтаж высоковольтных воздушных сетей, 23 стр., ц. 2 р. 50 к.**

**Вып. 9. Монтаж электродвигателей, зарядных агрегатов и аккумуляторных батарей, 16 стр., ц. 2 руб.**

**Резолюции отраслевой конференции электростанций и сетей системы НККХ УССР.** Киев, Энергоуправление НККХ УССР, 1936, 132 стр., ц. 3 руб.

**Инж. ФОМИН М. П. Указания к пользованию электрифицированным инструментом.** Под ред. глав. инж. Цужелдорстров П. Н. Гурова, М., Трансжелдориздат, 1936 (СССР НКПС, Цужелдорстрой, Нормативное бюро).

**Проф. ШКЛЯРСКИЙ Ф. Н. Горная электромеханика.** Т. 4. Электрические экскаваторы. Л.—М., Глав. ред. горно-топливной лит-ры, 1936, 143 стр. с илл., ц. 3 р. 50 к., перепл. 60 коп.

В описание вошли одноковшевые и многоковшевые экскаваторы. В каждом из указанных разделов значительное внимание уделено электрическому оборудованию экскаваторов и разбору коммутационных схем. В приложении помещены многочисленные чертежи экскаваторов разных видов и фирм.

**Электроизмерительная техника.** Под ред. В. О. Арутюнова. Л.—М., Глав. ред. энергетической лит-ры, 1937, 550 стр. с илл., ц. 6 руб., перепл. 1 р. 25 к.

В книге дается описание электроизмерительных приборов и конструктивных элементов их. Приводятся методы измерений различных величин и рассматриваются вопросы, связанные с эксплуатацией электроизмерительной аппаратуры, правила ремонта и монтаж.

L. ROUSSEAU. Контактор, нечувствительный к толчкам  
Rev. gen. de l'Electr. № 19, стр. 699, 1936

Контакторам, которые приводятся в действие и удерживаются во включенном положении только посредством усилия, развиваемого электромагнитом, свойственен тот недостаток, что в выключенном положении они очень чувствительны к толчкам, и даже небольшое сотрясение или удар могут вызвать нежелательное замыкание контактов.

Вместе с тем в ряде случаев, в частности для контакторов, устанавливаемых на судах (особенно военных), чувствительность к толчкам совершенно недопустима, так как неизбежные здесь сотрясения (например от орудийных выстрелов) могут послужить причиной серьезнейших нарушений работы механизмов.

Наиболее просто этот недостаток может быть устранен применением сильной выключающей пружины, надежно удерживающей контактор в разомкнутом состоянии.

Однако такое решение вызывает необходимость применения мощного включающего электромагнита и, следовательно, требует увеличения размеров контактора и значительного расхода меди и железа.

В новых контакторах, конструкция которых описывается в реферируемой статье, чувствительность к толчкам полностью устраняется при помощи несложной механической блокировки.

Выполнение блокировки показано на рис. 1, изображающим соответствующую часть магнитопровода контактора.

Блокирующие железные пластинки 2 и 2а укреплены на якоре электромагнита 1 в опорах 3 и 3а таким образом, что под воздействием пружины 4 лежащие в выемках пластины 5 концы этих железных пластинок могут легко склоняться в стороны от магнитопровода.

При разомкнутом контакторе и невозбужденном включающем магните обе блокирующие пластины упираются в выступами 7 в жестко связанную с неподвижным сердечником 6 пластину 5 и надежно препятствуют случайному включению контактора.

При возбуждении включающего электромагнита блокирующие пластины притягиваются магнитным полем к боковым поверхностям магнитопровода, деблокируя таким образом контактор.

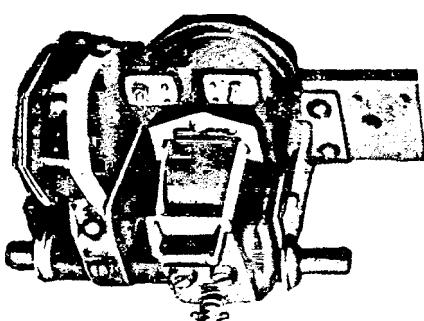


Рис. 2

На рис. 2 показан фотоснимок 200-А контактора новой конструкции.

Подобное блокирующее приспособление может с успехом применяться также для всевозможных выключателей

с электромагнитным управлением в тех случаях, к которым предъявляются особенно высокие требования по отношению безопасности от толчков.

Я. Б. Мишке

B. F L E C K. Экономичность автоматического включения стеклянных ртутных выпрямителей, E и M № 34, 1936

Стеклянные ртутные выпрямители с автоматическим управлением получили широкое распространение на больших электростанциях, тяговых подстанциях и промышленных предприятиях. В Германии обычно число выпрямителей, подключаемых к одному трансформатору, не превышает 5—10. В Англии встречаются установки, где работают параллельно до 60 колб со стороны постоянного тока.

Для удовлетворения потребности сети производят дробление мощности выпрямителей. Излишнее дробление нецелесообразно, так как при этом требуются дополнительная площадь и различные распределительные и тролльные приборы. Для наиболее рационального подключения выпрямителей в условиях переменной нагрузки и наилучшие результаты достигает установка автоматических распределительных приборов.

Для исследования вопроса об экономичности введенных автоматических распределительных устройств и уменьшения потерь энергии взята выпрямительная установка сокого напряжения с нормальными условиями вентиляции и четырьмя стеклянными колбами по 350 А при постоянном токе 500 В.

Вычисления производились для двух крайних случаев согласно принципиальной схеме рис. 1. Схема А—все четыре колбы приключены к общему трансформатору. Схема В—каждая колба имеет свой трансформатор.

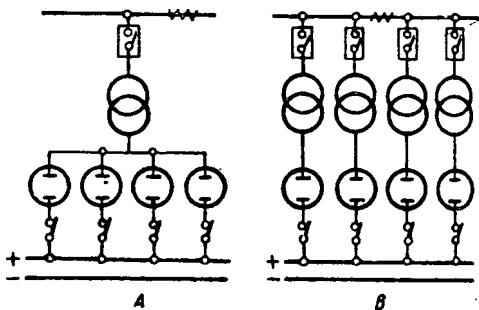


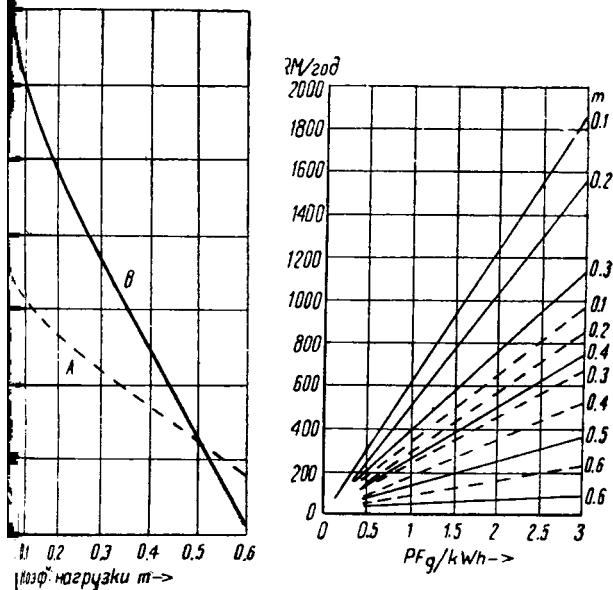
Рис. 1. Принципиальная схема выпрямительной станции с четырьмя стеклянными выпрямителями

Автор приводит подробное вычисление (по формуле экономии от применения автоматического управления). Недостатком места эти выкладки мы упускаем, а потому данные годовой экономии от уменьшения потерь в зависимости от коэффициента нагрузки  $t$  для схемы В приведены на рис. 2. Из этих данных видно, что достигнутая экономия весьма значительна и можно рассчитать на быструю амортизацию затрат на автоматическое распределительное устройство, особенно в тех случаях, когда движение поездов происходит при низком коэффициенте загрузки, как это часто бывает на железных дорогах, и когда стоимость энергии высока.

На рис. 3 даны кривые экономии от уменьшения потерь (в марках) в зависимости от стоимости энергии.

Введение автоматических распределительных устройств вносит изменения в условия работы выпрямителей в связи с увеличением средней нагрузки при уменьшении момента включения. Исследования показали, что фактическая продолжительность службы колбы во много раз превышает число часов горения, гарантированное фирмами. Колба, работающая при полной продолжительной нагрузке и при высокой температуре, служит меньше, чем колба, работающая при неполной нагрузке.

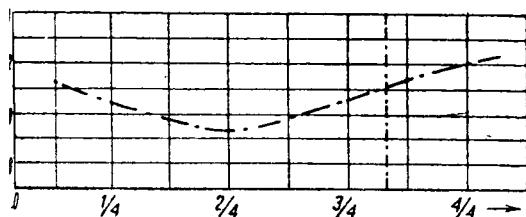
Недавно опубликованы исследования продолжительности службы трансформаторов в зависимости от температуры. Срок службы изоляции сокращается наполовину при продолжительном повышении температуры на 8°. Аналогич-



2. Годовая экономия от снижения потерь в kWh. Кривая A — 1 общий трансформатор, кривая B — 4дельных трансформатора

Рис. 3. Годовая экономия в рублях в зависимости от стоимости kWh. Сплошные линии относятся к схеме B (с отдельными трансформаторами), пунктирные кривые — к схеме A (с общим трансформатором)

образом приходится принимать в расчет срок службы и у выпрямителя. Поэтому целесообразноовать вопрос широкого использования колбы и большей продолжительности службы таким образом, чтобы изолирующие включения соседних колб происходили при 80% номинальной нагрузке ранее включенной колбы. Падение напряжения в дуге в большой мере от давления ртутных ларов и, следовательно, от температуры, а также в известной степени от давности работы. На рис. 4 дана кривая, характеризующая падение напряжения в дуге в зависимости от нагрузки.



4. Падение напряжения в дуге стеклянного ртутного выпрямителя на 350 А

известно, в производстве и эксплуатации стеклянных выпрямителей мы значительно отстали от США. Стеклянные ртутные выпрямители ввиду своей изолирующей способности, применение даже в тяжелой электрической энергии, Главэнергопрому и заводу «Светлана» следовало из этого заграничного опыта сделать соответствующие выводы. Мы обязаны в ближайшее время это сделать и ликвидировать.

И. Я. Рышковский

S. C. L. a. REUBEN REITER. Электрические характеристики подвесных изоляторов, Electrical Engineering № 1, p. 59 — 66, 1937

Проведены исследования 10-дюймовых фарфоровых подвесных изоляторов производства Insulation Corp. и таких же изоляторов, но из стекла 1776, производства Corning Glass Works. Электрические и диэлектрические цепи подвесных тарельчатых изоляторов состоят из фарфора и цемента между

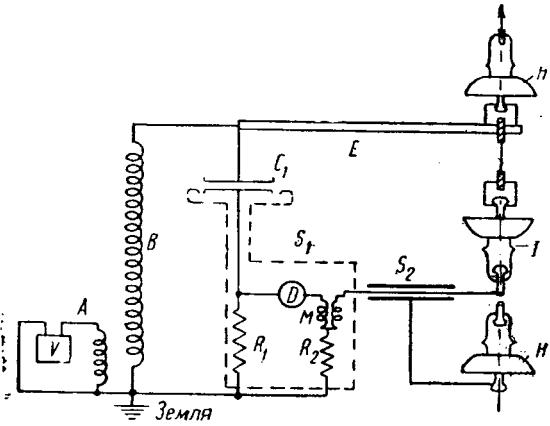


Рис. 1. A — катушка вольтметра; B — вторичная обмотка повысительного трансформатора; C1 — воздушный конденсатор; D — детектор; E — провод высокого напряжения; H — изоляторы; I — испытуемый образец изолятора; M — взаимная индукция; R1R2 — сопротивления; S1S2 — экраны; V — вольтметр

ду головкой и штырем (эта цепь практически неизменна) и из емкости между поверхностями юбок в последовательном соединении с поверхностным сопротивлением (эта цепь весьма меняет свои характеристики вследствие изменений поверхностного сопротивления).

Измерения производились на мостике в схеме<sup>1</sup> (рис. 1), напряжение подавалось от 2 до 50 кВ с постепенным повышением в течение 120 ми; получены кривые электрических и электромеханических характеристик для различных условий абсолютной влажности.

При неизменном напряжении электрические характеристики изолятора изменяются со временем в связи с изменением поверхностного сопротивления. Последнее падает с ростом влажности и при возникновении короны, а также изменяется под влиянием джоулева тепла и образования своего рода «островков проводимости». Эти «островки» образуются осадками слабой азотной кислоты, получающейся при наличии короны из соединения кислорода, азота и водяных паров.

Авторы установили, что электрические и диэлектрические характеристики изоляторов являются функциями от абсолютной влажности или абсолютного количества влаги в атмосфере. С ростом абсолютной влажности уменьшается критическое напряжение, при котором зажигается корона. Коэффициент мощности находится в линейной зависимости от абсолютной влажности, но на него, кроме того, влияют и условия наложения на изолятор напряжения и величина последнего.

Соединенное влияние короны, кислотообразования и осаждения металлической пыли почти непрерывно образуют на поверхности микроскопические «островки», также понижающие поверхностное сопротивление и удаляемые лишь энергичной пропаркой изолятора. Водяная пленка в соединении с этими «островками» осадков вызывает у электрических характеристик изолятора гистерезисный эффект.

Изменение поверхностного сопротивления изменяет емкость между головкой и штырем, и таким образом полная емкость изолятора увеличивается с уменьшением его поверхностного сопротивления, и наоборот.

Температура на характеристики изолятора влияет лишь косвенно, если учесть, что влажность воздуха зависит от его температуры.

Механические напряжения в большинстве случаев вызывают падение коэффициента мощности и емкости вследствие сжатия цементирующего материала. После некоторой «усадки» этого материала дальнейшие изменения весьма малы, а для стекла характеристики становятся вообще независимыми от последующих механических напряжений. Так как в стеклянных изоляторах был применен вместо цемента мягкий металл, то авторы делают вывод, что влияние механических напряжений можно ослабить, используя в изоляторах мягкие металлы.

Г. Б. Степлих

<sup>1</sup> Она подробно описана авторами в ранее опубликованной ими работе, см. A. I. E. E. Transactions, vol. 48, p. 1271—80, 1929.

G. CAMILLI and L. V. BEWLEY. Защита от перенапряжений трансформаторов тока, El. Eng. March, 1936

В статье описан метод расчета тиристовых разрядников для защиты от перенапряжений трансформаторов тока. По своей новизне статья является очень интересной для конструкторов, имеющих дело с нестационарными режимами в установках.

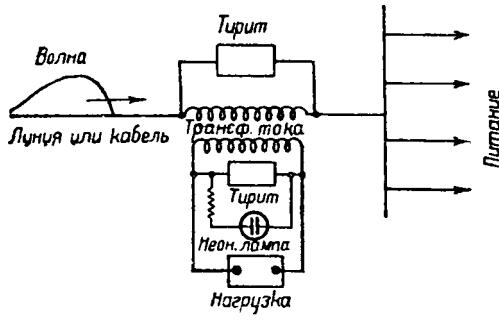


Рис. 1

Как показано на рис. 1, авторы шунтируют тиристором обе обмотки трансформатора в целях защиты как от волн перенапряжения в первичной, так и от перенапряжений, которые могут получиться при разрыве вторичной цепи. Расчет защиты первичной цепи ведется, базируясь на кривой перегрева тиристового диска в функции времени и приложенного напряжения (рис. 2). Пользуясь этой кривой и требованием А. И. Е. Е., чтобы трансформатор выдерживал 2 сек без перегрева к. з. при 60-кратном токе, легко найти основные данные. За 2 сек нагрев диска тириста происходит на 80° при 1400 V. Геометрические размеры диска  $l = 1''$  и  $\varnothing D = 3''$ .

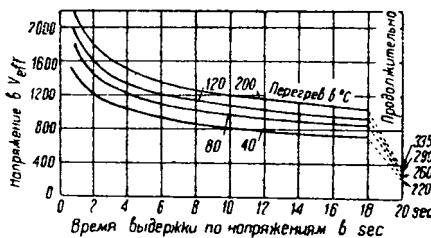


Рис. 2

Высота тиристовых дисков будет определяться по формуле: напряжение к. з. в kV

$$L = \frac{\text{напряжение к. з. в kV}}{\text{допустимый градиент в kV/дюйм}}.$$

Знаменатель по рис. 2 составляет 1,4, откуда

$$L = 0,7 \times \text{напряжение к. з. в kV}. \quad (1)$$

Диаметр диска находится путем определения напряжения  $u$  на трансформаторе при волне перенапряжения:

$$u = 2U \left( \frac{r}{Z + r + R} \right). \quad (2)$$

Здесь:  $U$  — напряжение перекрытия изоляции на импульсе в 5 сек;

$r$  — сопротивление обмотки трансформатора;

$Z$  — импеданс сети (линии);

$R$  — сопротивление источников питания

(для расчета  $R \approx 0$ , тогда  $e = e_{\max}$ ).

Допуская, что  $r \ll Z$ , можно положить:

$$I = \frac{2U}{Z}, \quad (3)$$

где  $I$  — ток волны.

Зная вольтамперную характеристику тириста

$$u = KI^{(1-n)} \quad (4)$$

и выражая постоянную разрядника  $k$  через постоянные тириста и геометрические размеры согласно

$$K = \frac{kL}{D^{2(1-n)}}, \quad (5)$$

подставляем (5) и (3) в формулу (4) и получаем:

$$u = kL \left( \frac{2U}{ZD} \right)^{1-n}.$$

Здесь:  $k = 2100$  } постоянные тириста;

$n = 0,72$  } высота набора дисков в дюймах;

$D$  — диаметр диска в дюймах.

Из формулы (6) при заданном нормами  $I$  легко определяется значение  $D$ .

Найти параметры разрядника для вторичной можно кривую напряжения обмотки ( $u_1$ ) в функции тока напряжения ( $I_1$ ):

Тогда из уравнения:

$$u_1 = K \left( \frac{I_1}{N} \right)^{1-n}$$

Определяется число параллельных дисков  $N$  при заданных геометрических размерах, как

$$N = \frac{I_1}{D} \left( \frac{kL}{u_1} \right)^{\frac{1}{1-n}}$$

Необходимо, чтобы при нормальном напряжении ( $u_1$ ) через тиристор ( $I_2$ ) был очень мал. Так, у авторов:

$$u_1 = 100 \text{ V}, \quad u_2 = 50 \text{ V}, \quad I_1 = 5 \text{ A}, \quad \text{а } I_2 = 0,004 \text{ A}$$

$L$  в формуле (8) определяется, исходя из данных кривой на перегрев тириста при продолжительном включении.

При конструктивном выполнении расчета трансформатора остается даже в случае разрыва цепи под нормальной нагрузкой. Характерно, что для указанных авторами данных трансформатора при 60-кратном токе напряжение возрастает при тиристоре лишь до 342 V (по формуле 7). Чтобы не долго не находился под большим током, параллельный разряднику включается указатель разрыва — неоновая лампа, показывающая необходимость выключения трансформатора. Авторы приводят катодные осциллограммы испытания действия разрядника в обеих цепях, которые убедительно доказывают правильность выбранного метода расчета защиты.

В. А. Б.

Измерительный прибор с Т-образной катушкой, № 51, 1936

Прибор с Т-образной катушкой служит для измерения противления. Он не имеет недостатков, свойственных таким приборам. Прибор находит большое применение в работе термометров сопротивления или же для электрической передачи механически измеренных величин давления веса и т. д.

Т-образная катушка получила свое название от двух тушек, расположенных под прямым углом (рис. 1).

Измерительная система с Т-образной катушкой отличается от обычной с нулевым указателем тем, что пружина, возвращающая стрелку в нулевое положение, заменена вспомогательной катушкой. Ток в катушку проводится через нее и ленту.

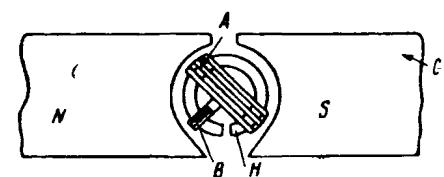
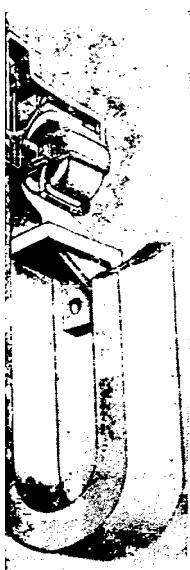


Рис. 1. А — главная катушка; В — вспомогательная; С — постоянный магнит; Н — сердечник

Полюсным наконечникам придана специальная форма, позволяющая возможность замены механической силы пружины электрической силой, получаемой вспомогательной катушкой. Направляющая сила вспомогательной катушки является при различных отбросах системы из нулевого положения. В силу своеобразной формы полюсных наконечников обеспечивается постоянное приращение направляющей вспомогательной катушки. Главная катушка соотв.



ет обычной катушке, вращающейся в воздушном зазоре. Благодаря этому получается прямолинейная зависимость между показаниями прибора и отношениями токов основной и вспомогательной катушек.

При температурных измерениях с помощью термометра сопротивления главная катушка Т-образной измерительной системы включается в диагональ мостика, в то время как вспомогательная катушка делается зависимой от тока мостика, т. е. включается последовательно.

Приборы с этой измерительной системой имеют следующие преимущества: измерительная система симметрична, отброс указателя составляет  $90^\circ$ . Одним и тем же прибором можно охватывать малые и большие пределы измерений.

## 2. Измерительная разная катушка

П. П. Храмов

Практическая регистрация диэлектрических потерь при вибрациях высоковольтной изоляции, Е и М № 25, стр. 292 и № 26, стр. 304, 1936

Приятие единиц международных норм по испытательным напряжениям ( $U_{исп}$ ) и времени испытания ( $t$ ) позволяет потребовать повышенных испытаний по времени испытания. Произведенные же за последние годы исследования над высоковольтными кабелями показали, что даже временное повышение  $U_{исп}$  в начале ионизации ухудшению и тем самым увеличивает вероятность аварий. Таким пределом  $U_{исп}$  следует поэтому считать момент повышения  $\operatorname{tg} \delta$ , который лучше всего измерить методом Шеринга. После ний имеет, однако, тот недостаток, что измерение на нуль длится около минуты и заснятые неизменные токи влияют, следовательно, на образец.

Для этой причине проф. Кейнаг разработал метод автоматической регистрации потерь с большой точностью. По этому методу изображают  $I \cos \varphi$  и измеряют его зеркальным гальванометром, изображенным на рис. 1, где  $a$  обозначает лампу, прозрачное стекло,  $c$  — метку,  $d$  — линзу,  $e$  — зеркальце, отраженное им на шкале изображение метки. На рис. 2 приведена фотография механического выпрямителя, состоя-

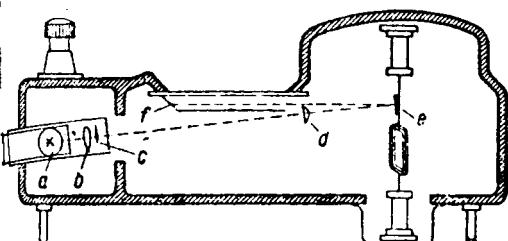


Рис. 1

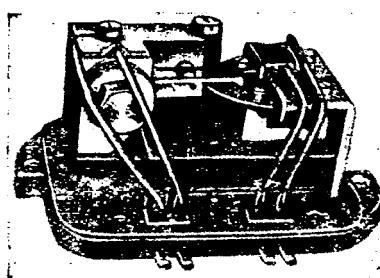
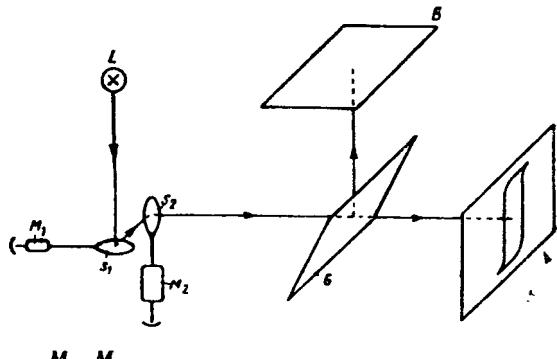


Рис. 2

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru



$M_1, M_2$

Рис. 3

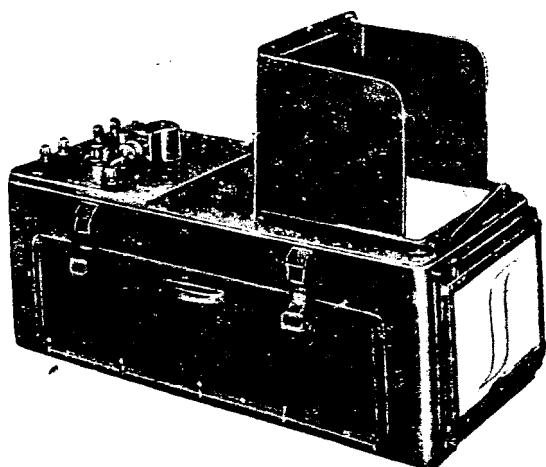


Рис. 4

щего из тонкой пластиночки, помещенной между полюсами сильного электромагнита и к вращающейся синхронно с сильной. Комплектный прибор фирмы SH схематически показан на рис. 3, а в общем виде на рис. 4. У гальванометров  $M_1$  и  $M_2$  оси вращения зеркал взаимно перпендикулярны. Луч от лампы  $L$  последовательно отражается зеркалами  $S_1$  и  $S_2$  и частично, проходя через  $G$ , и, отражаясь от нее, попадает на матовые стекла  $A$  и  $B$ . Так как пропускаемые через  $M_1$  и  $M_2$  токи пропорциональны  $I \cos \varphi$  и  $U$ , а пропускаемый через  $M_2$  ток пропорционален еще времени (для этого нужно передвигать с надежной скоростью рукоятку реостата), то получается кривая  $(t, \operatorname{tg} \delta)$ . Три последовательно заснятых таким образом кривых  $(U, \operatorname{tg} \delta)$  неудачно изготовленного трансформатора напряжения показаны на рис. 5.

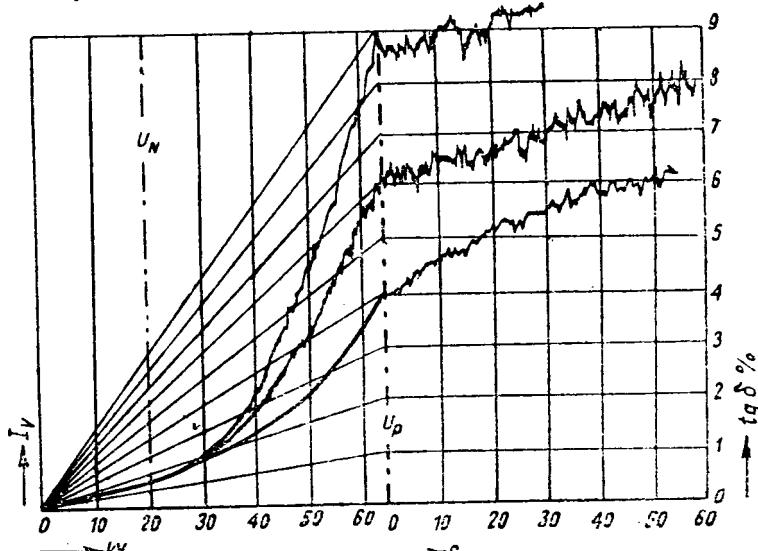


Рис. 5.  $U_N$ ,  $U_p$  — номинальное и испытательное напряжение

www.booksite.ru

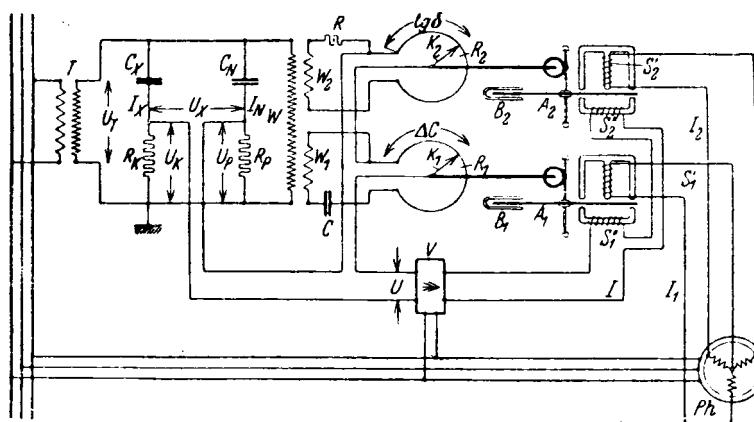


Рис. 6

Для непрерывной регистрации сопротивления и емкости прикрепляют к каждому движку юстика Шеринга перышко. При равномерном повышении напряжения на движущихся лентах вычерчиваются кривые  $U$ ,  $R$  и  $U$ ,  $C$ . Принципиальная схема показана на рис. 6, где  $T$  обозначает трансформатор,  $U_T$  — рабочее напряжение,  $C_x$  и  $R_x$  — емкость и сопротивление испытуемого образца,  $C_N$  — нормальный конденсатор,

$R_k$  и  $R_p$  — магазинные сопротивления мостика,  $U_p$  — напряжение на их зажимах,  $U_x$  — напряжение на зажимах диагонали,  $I_x$  и  $I_N$  — токи через  $C_x$  и  $W$ ,  $W_1$  и  $W_2$  — обмотки позиционных трансформаторов, включенные на потенциометры  $R_1$  и  $R_2$  последовательно с омическим сопротивлением и юстика. С движками этих потенциометров  $K_1$  и  $K_2$  соединены червячной передачей диски  $A_1$  и  $A_2$  индукции счетчиков  $S_1'$ ,  $S_1''$  и  $S_2'$ ,  $S_2''$ . Через  $S_1'$  и  $S_2'$  протекают токи  $I_1$  и  $I_2$  от индукционного регулятора напряжения  $P_h$ , а через  $S_1''$  и  $S_2''$  ток от усилителя  $V$ , на которого подается напряжение  $U_x$ . Торможение производится магнитами  $B_1$  и  $B_2$ ,  $K_1$  и  $K_2$  неподвижны при  $U_x=0$  и показывают тогда изменение синуса  $\delta$ .

При испытании новой партии кабеля лучше снять кривые  $C$  и  $\delta$  с нескольких кусков длиной 10 м., плавно повышая  $U$  до пробоя. Такие кривые показаны на рис. 7 и 8, где на оси  $x$  отложено в минутах и секундах, а на оси  $y$  —  $C$  и  $\delta$  — в процентах

При испытании  $U$  оставалось все время пропорционально. Образцы кривых, полученных при ступенчатом повышении напряжения, показаны на рис. 9. При заснятии 1, 2 и 3 частей кривые вышали через 5 sec, 1 и 10 min. По последним кривым, как при переходе на каждую новую ступень  $C$  сначала вышается, а затем несколько падает из-за нагрева. Это блюдется только до напряжения 70 кВ, при котором

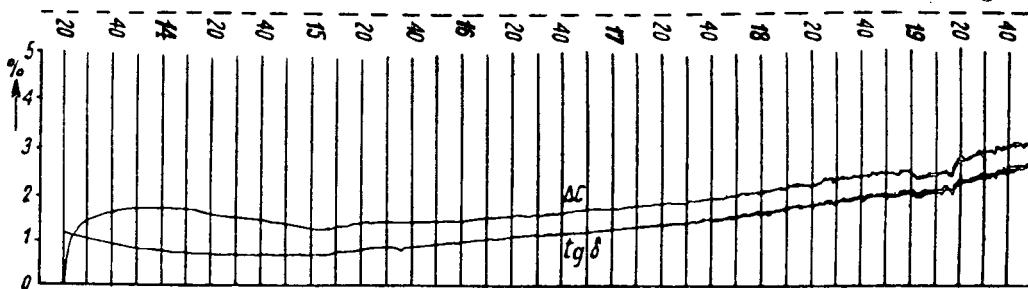


Рис. 7

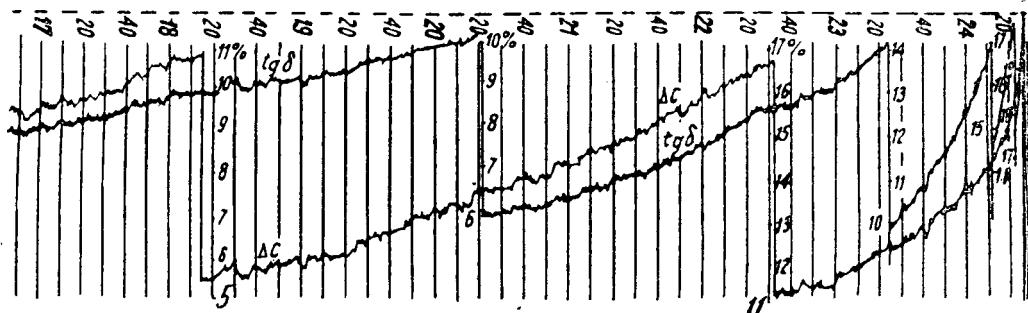


Рис. 8

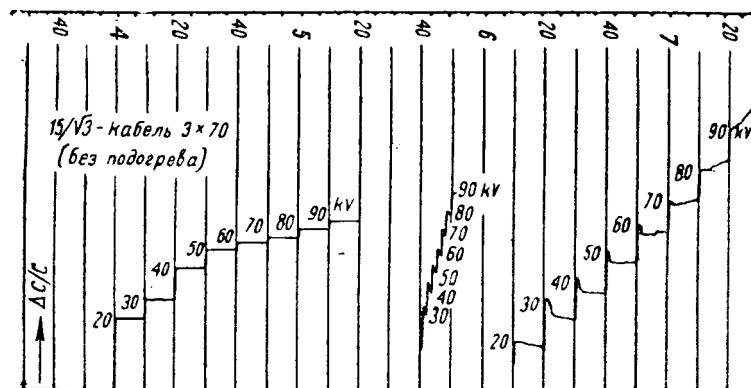
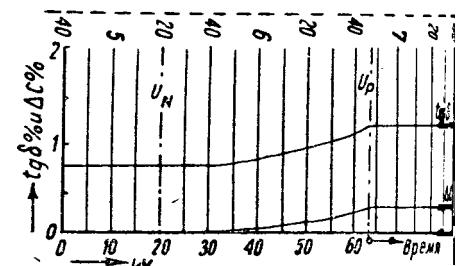
Вологодская областная универсальная научная библиотека  
www.booksite.ru

Рис. 10

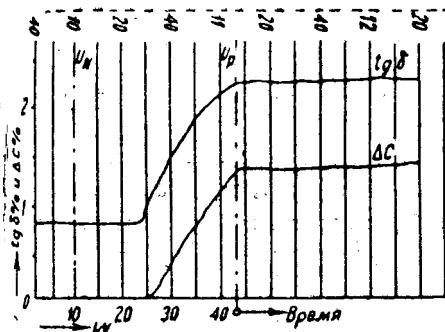


Рис. 11

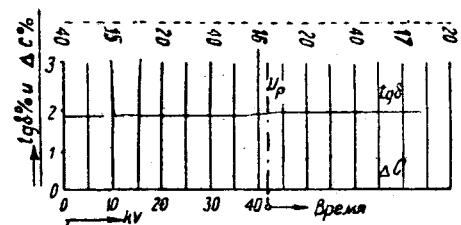


Рис. 14

нается разрушение изоляции, особенно усиливающейся при 90 кВ.

На рис. 10, 11, 12 и 13 помещены кривые  $\operatorname{tg} \delta$  проходных изоляторов, а именно: бакелитовой втулки очень хорошего качества; не столь хороший, но удовлетворительной фарфоровой трубки с компаундной заливкой и фарфоровой трубкой без нее.

Уменьшение диэлектрических потерь при металлизации внутренней поверхности видно из кривых рис. 14. На рис. 15а и 15б помещены кривые однослоиной бумажной втулки, снятые при равномерном и ступенчатом увеличении  $U$ . При 24 кВ началось разрушение диэлектрика.

При испытании трансформаторов следует сперва заснять кривые  $\operatorname{tg} \delta$  и  $C$  для одних только выводных втулок, а затем уже для всей конструкции в целом. Периодически измеряя  $\operatorname{tg} \delta$ , можно во-время заметить ухудшение изоляции.

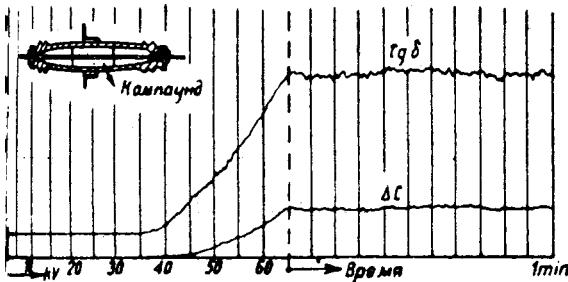


Рис. 12

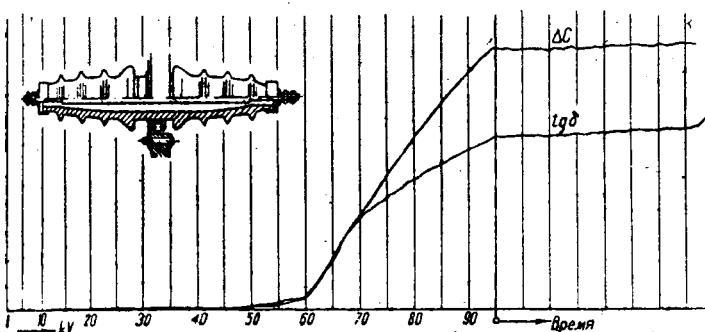


Рис. 13

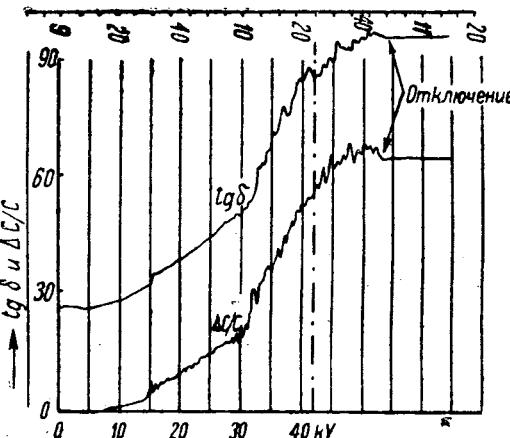


Рис. 15а

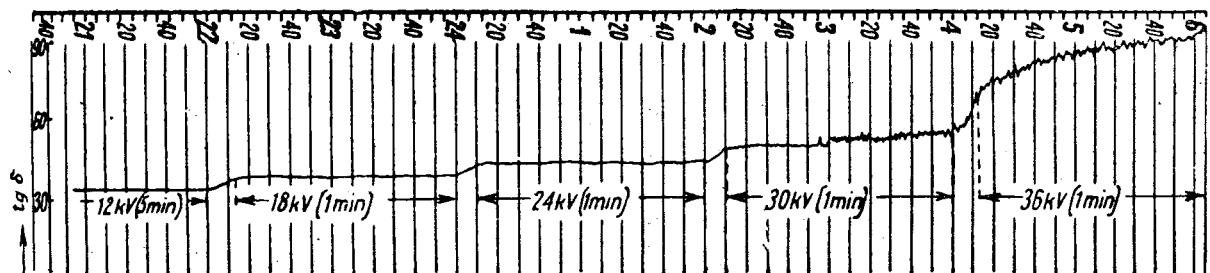


Рис. 15б

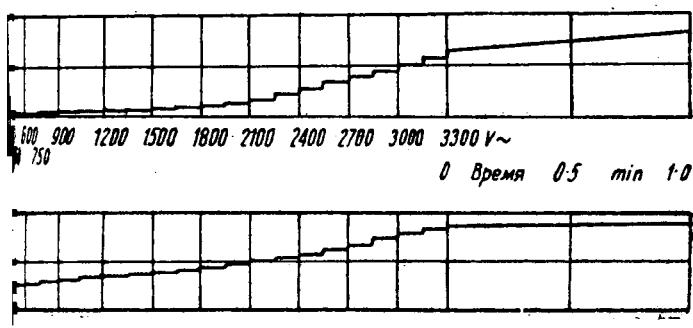


Рис. 16

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

Снимать кривые  $C$  у альтернаторов бесполезно из-за нагрева. Некоторый эффект может дать длительная регистрация  $\operatorname{tg} \delta$  со скоростью ленты в 2—5 mm/h. Медленное и непрерывное увеличение  $\operatorname{tg} \delta$  свидетельствует о сильном затвердевании шеллака, уже начавшегося разрушаться под влиянием температурных колебаний. Кривые  $\operatorname{tg} \delta$  и  $C$  для конденсатора в 50 000  $\mu$  F, сглаживающих падающую волну, показаны на рис. 16. В обоих случаях напряжение повышалось ступенчато через 300 V.

Быстро расширяющееся за последнее время производство конденсаторов ставит в порядок дня вопрос о нормах на  $\Delta \operatorname{tg} \delta$  и  $\Delta C$  при разных нагрузках и температурах и о стандартизации испытаний конденсаторов по вышеописанному методу.

Н. С. Тейтель

ÖFVERHOLM Y. Подстанции шведских государственных железных дорог. Electric Railway Traction № 44, стр. 258—62, 1937

Шведские электрические ж. д. питаются однофазным током  $16 \frac{2}{3}$  Hz. На Лапландской рудной ж. д. (ORE Railway), известной у нас по названию своего перевального участка Кируна—Риксгренцен, питание производилось от своей станции низкой частоты, но на всех без исключения новых электрических ж. д. тяговые подстанции питаются трехфазным током стандартной частоты, который перерабатывается в однофазный ток пониженной частоты.

В основном вопросе энергоснабжения — выборе расстояния между тяговыми подстанциями, до последних лет приходилось считаться с опасным влиянием тяговых токов на провода связи, которое заставляло итии на чрезмерное сближение подстанций. Так, в 1918 г. шведская комиссия по защите линий связи от индуктивного влияния не рекомендовала применять расстояний между подстанциями, превышающих  $20-25$  англ. миль ( $32,2-43,3$  км); теперь расстояние между подстанциями принимают  $60-90$  англ. миль ( $97-145$  км) и на тех участках, где расстояние между подстанциями превосходит  $10$  англ. миль ( $161$  км), не замечается никаких помех на линиях связи.

Это достигнуто благодаря усовершенствованию отсасывания тяговых токов из рельсов в особый фидер.

Тяговые подстанции, кроме своего основного назначения, — питания электрифицированных ж. д., служат для регулирования напряжения в высоковольтной сети, т. е. выполняют функции синхронных конденсаторов. Это отражается на оборудовании подстанций, особенно на мотор-генераторах.

К концу 1935 г. шведские государственные ж. д. при эксплоатационной длине  $1610$  англ. миль ( $2600$  км) имели в эксплоатации 21 тяговую подстанцию.

Все тяговые подстанции типизированы. Они имеют по 2 или по 3 мотор-генератора, состоящих из синхронного 12-полюсного мотора ( $500$  об/мин)  $50$  Hz,  $6,3$  kV, обеспечивающего устойчивость в синхронизме и при падении напряжения до  $5,25$  kV. Мощность синхронного мотора  $320$  kVA при  $\cos(-\varphi) = 0,7$ . Вращаемый им однофазный синхронный генератор четырехполюсный  $16 \frac{2}{3}$  Hz;  $3$  kV;  $\cos\varphi = 0,8$ . Каждая из этих машин имеет отдельный возбудитель, причем для синхронного мотора последний имеет мощность  $33$  kW, что объясняется необходимостью перевозбуждать машину для генерации опережающего тока.

Агрегат обеспечивает кратковременную перегрузку на стороне однофазного тока до  $6000$  kVA.

Механическая часть этих агрегатов интересна тем, что он смонтирован всего только на двух подшипниках по бокам синхронных машин и с возбудителями на консолях. Вес агрегата  $66,4$  t (без фундаментной плиты), вес вращающейся части  $26$  t.

Такой агрегат, смонтированный на пятыном вагоне в качестве передвижного резерва, весит  $86$  t вместе с вагоном.

Каждая подстанция имеет введенный в машинный зал железнодорожный путь для установки передвижного резервного агрегата.

Первоначально площадь подстанции на 3 агрегата представляла собой четырехугольник  $29,8 \times 19,5$  m с пристройкой  $6,4 \times 6,55$  m, т. е. общей площадью  $622$  m<sup>2</sup>, новые подстанции на такое же число агрегатов имеют площадь пола  $30,5 \times 17,3$ , т. е.  $527$  m<sup>2</sup>, или на  $15\%$  меньше, чем подстанции старого типа. Кроме того, в подстанциях нового типа на  $3,05$  m сокращен пролет мостового крана и понижена высота крыши.

Тяговые подстанции питаются также освещение промежуточных железнодорожных станций однофазным током  $50$  Hz,  $10$  kV, а в некоторых случаях трехфазным током  $2$  kV,  $50$  Hz. Синхронизация мотор-генератора с трехфазной стороны интересна тем, что исключает возможность включения машины в синхронизм при таком расположении полюсов однофазного альтернатора, когда его напряжение противоположно по фазе напряжению тяговой сети. Пуск и синхронизация автоматизированы, причем на панели каждого альтернатора установлены переключатели, имеющие три положения — пуск — ход — стоп (start-run-stop).

Фидерные масляники имеют автоматическое троекратное повторное включение, причем первое производится после  $30$  sec, а последнее через  $3$  min после выброса. Через  $5$  sec после каждого отключения под действием защиты автома-

тически приводится в действие испытатель к. з. Прежде чем включить к. з. последний дает сигнал и блокирует самовключение, если к. з. нет, самовключатель ведет следующее включение.

В. А. Соловьев

ATWELL. Тяговый мотор идет по пути снижения. Electric Journal № 12, стр 528—39, 1936

Снижение габаритных размеров и веса тяговых двигателей началось 20 лет назад, но только за последние 10 лет в этом направлении достигнуты ощутительные результаты. В 1916 г. 60-сильный ( $44,3$  kW) мотор весил  $2375$  lb (1075 кг), что составляет  $24,4$  kg на  $1$  kW часовой мощности. В 1926 г. вес тягового двигателя  $2133$  lb (960 kg), или  $21,5$  kg на  $1$  kW.

В 1936 г. вес тягового двигателя  $55$  л. с. ( $40,5$  kW)  $690$  lb (310 kg), или всего  $7,7$  kg на  $1$  kW часовой мощности.

Для тяговых двигателей вопрос снижения веса и габаритных размеров имеет большее значение, чем для стационарных моторов, так как для них это не только вопрос снижения веса тары вагонов, что снижает расход энергии на вагонокилометр, уменьшение расходов на движение пути и ходовых частей.

Снижение веса и размеров двигателей достигнуто путем повышения качества магнитных, изоляционных и конструктивных материалов, а также за счет рационализации конструкции. К числу последних мероприятий относятся:

1) повышение числа оборотов якоря;

2) обоснованный выбор электрических и магнитных материалов;

3) применение изоляционных материалов, надежно работающих при высокой температуре;

4) улучшение вентиляции;

5) усовершенствование механической части.

Для повышения скорости якоря двигателей, работающих на трамвайной подвеске через одиночную зубчатую передачу, необходимо было снижать диаметр колес полусоединения передачи, что позволило повысить скорость якоря в несколько раз. Однако подвеска мотора была не единственным приводом для повышения скорости; значительных усовершенствований потребовали подшипники, щетки, щеткодержатели, коллекторы и крепление секции обмотки якоря в пакетах. Повышение скорости якоря позволило внести усовершенствования в конструкцию двигателя — уменьшить якорь, применить одновитковую секцию якорной обмотки, что облегчило коммутацию, снизило потери в меди и лишило эффект вентиляции.

Рациональный выбор нагрузок магнитопровода потребовал изучения работы зубцов якоря и полушаек магнитов и позволил так сконструировать эти детали, что они дают минимальные дополнительные потери.

Применение высококачественной изоляции, допускающей высокую температуру, позволило сильно повысить плотность обмоток. Обмотка якоря и катушек делается из ленточной меди, покрытой микармитовой и асбестовой изоляцией; прокладки в пазах якоря и корпуса катушек состоят из листового микармита.

Эти мероприятия позволяют не только повышать температуру обмоток, но и увеличивать их диэлектрическую прочность относительно корпуса.

Опыт показал, что обмотки двигателей с такой изоляцией длительно выдерживают рабочую температуру в  $150^{\circ}$  в кратковременных перегрузках даже до  $200^{\circ}$ .

Интенсификация вентиляции достигается помещением вентилятора со стороны якоря, противоположной короткому (по трамвайному — с северной стороны шестерни). Вентилятор засасывает воздух с коллектора и выталкивается с турбинной силой через радиальные каналы вентилятора. Эффект самовентиляции достигается благодаря тому, что аэродинамические свойства вентилятора тщательно изучены и его лопасти придана такая форма, при которой вентилятор дает максимальную подачу воздуха при минимальном расходе энергии.

Усовершенствование механической части коснулось частей мотора, но особенно подвески, которая при каждой передаче осуществляется через пружинные стабилизаторы, защищающие от толчков путь и подвижной соединительной зубчатой передачи, которая представляет собой тщательно собранный на заводе и работающий в масле редуктор.

В. А. Соловьев



и контрольная аппаратура — поставлены из Англии. Прочие второстепенные аппараты, в том числе и масляные выключатели, были изготовлены полискими заводами. Из всех подстанций только одна вручена управлению. Для секционирования линии установлены 6 гостов с быстродействующими автоматами.

Электровозы, применяемые для обслуживания дальнего пассажирского движения и товарного движения в туннеле, имеют формулу осей:  $B_0 + B_0$  и весят 78 т; они оборудованы моторами 500 л. с., 1500 В, включаемыми по два последовательно. Управление электрогенеративное. Вспомогательные машины состоят из двух 3000-В мотор-генераторов, вентиляторной установки, генератора 110 В постоянного тока. Имеется также два 110-В мотор-компрессора для тормозной системы.

Мотор-вагоны обогодованы четырьмя моторами 200 л. с., 1500 В, соединенными по два, постоянно, последовательно.

М. Д. Трейвас

#### Коксование угля электрическим током. ETZ № 6, стр. 154, 1937

В Америке разработан новый способ коксования угля: в вертикальной печи располагается коксовый стержень, к которому снизу и сверху подводится ток; пространство вокруг стержня заполняется подлежащим коксованиею углем. Наибольшая плотность тока устанавливается в коксовом стержне благодаря его высокой электропроводности. При нагревании угля процесс коксования расширяется еще дальше, пока он не охватит все пространство печи. Преимущества электрического способа коксования: большая скорость процесса и благоприятный состав получающегося при коксовании газа. Печь может быть пущена в ход или остановлена в течение весьма короткого времени, поэтому установки для электрического коксования угля могут использовать энергию в часы минимума нагрузки и таким образом улучшать графики суточных нагрузок энергосистем. Опытная печь емкостью 30 т, с внутренним диаметром 1,83 м и высотой 12,2 м потребляет на каждую тонну угля 350 kWh, при этом получается 288 т<sup>3</sup> газа.

Б. М. Тареев

#### J. B. WHITEHEAD. Успехи исследований в области диэлектриков. Electrical Engineering № 11, р. 1180—1185, 1936

Автор реферируемой статьи дает беглый обзор наиболее интересных работ по электроизоляционным материалам.

Основное внимание в области диэлектрической прочности уделялось роли положительных ионов в процессе пробоя. Роговский, Месснер и др., основываясь на осциллографических записях, позволявших наблюдать напряжения до 100 кВ (причем статическое и импульсное напряжение записывались на одну пленку), утверждают, что положительные ионы не играют никакой роли. Наблюдалось время прохождения искры от 0,2 до  $3,5 \cdot 10^{-7}$  сек при напряжениях на 60% выше статического. После пробоя напряжение падало до нуля в течение  $2-3 \cdot 10^{-8}$  сек. Однако фон-Гиппель и Франк утверждают еще ранее, что этого времени достаточно для того, чтобы положительные ионы достигли катода со скоростью, необходимой для образования лавины, и, таким образом, этот вопрос еще нельзя считать разрешенным.

Даттан, изучая поля в промежутке между двумя шарами, показал, что расхождения между имеющимися экспериментальными данными относительно разряда между сферами объясняются в значительной мере разницей в геометрии промежутков и их окружения, а эффект поляризации вызывается наличием объемных зарядов.

Если в вопросе о пробое жидкостей не внесено существенно нового, то литература по пробою твердого особенно богата. Результаты большой работы сводятому, что пробой теплового типа встречается не так часто, как думают. Во многих случаях происходит пробой при высоких температурах, который в последних своих стадиях имеет форму теплового, но никак не зависит от температуры. Представляется, что существуют, по крайней мере, два типа пробоев — тепловой и нетепловой. Термозелектрическая сила зависит только от электрических процессов, сопровождающих тепло. Соединение электрического и теплового эффекта, указанное Роговским, вообще отсутствует.

Р. Беккер при изучении пробоя в диапазоне частот до  $15 \cdot 10^6$  Гц указал на заметное уменьшение диэлектрической прочности с ростом частоты.

Сделано много работ по изучению влияния окиси на другие химические изменения масел на их электрические свойства. Например, Форд показал, что хотя сверхнагреванное масло слишком чувствительно к окислению, но некоторые такие масла выделяют продукт окисления в виде инертного газа над поверхностью масла и могут применяться в трансформаторах.

Изучение зависимости диэлектрических потерь от частоты обнаружило изменения разности фаз в диапазоне от 5— $10^8$  Гц для кристаллических, стеклообразных и волокнистых материалов. Установлено большое значение относительной влажности атмосферы при измерении диэлектрических потерь на высоких частотах, причем тут играет роль не только поверхностное, но и объемное поглощение влаги обмотки. Лагусс предлагает новый мостиковый метод измерения потерь, в котором тепловой эффект тока через ёмкость некоторого другого тока, пропорционального напряжению, используется для уравновешивания мостика.

Продолжается изучение диэлектрических коэффициентов, причем их изменение у разведенных растворов и кристаллических твердых веществ используется для выяснения молекулярного строения вещества. Особенно поразительны резкие изменения электрических коэффициентов твердых веществ при охлаждении их до весьма низких температур, указывающий на соответственно резкое изменение молекулярного строения.

На основе лабораторных исследований создан ряд изоляционных материалов. Из них отличаются высокой окисью титана и олова, пиранол и др. Стирофлекс, вытесненный из полистирола, применяется для изоляции кабелей в виде спиралей, заполняющих пространство между проводником и оболочкой, низкие потери и ДК приводят к низким значениям сопротивления импульсу и коэффициента затухания, что выгодно используется для целей телевидения на высокой частоте.

В области высоковольтной изоляции продолжается системное изучение кабельных бумаг. Основной тенденцией этого является понижение толщины изоляции с соответствующим повышением электрической прочности и устранением ионизации газов. Здесь виден выход в увеличение давления на диэлектрик, но вопрос о способе наложения этого давления все еще остается открытым, пока все еще распространение принимает метод наполнения маслом.

Изучение бумажной изоляции показывает, что хотя она не является изолятором, но свинцовая оболочка играет существенную роль в сохранении свойств кабельной изоляции.

Статья J. B. Whitehead сопровождается библиографией, сводкой, насчитывающей несколько десятков статей, опубликованных работами над электрическими свойствами диэлектриков за 1935 и 1936 гг.

Г. Б. Степанов

#### ИЗДАТЕЛЬ: ОНТИ

Технический редактор А. П. Александрова  
Зав. ред. М. Г. Башкова

РЕДАКЦИЯ: В. И. Вейц, М. И. Грановская, Я. А. Клиновицкий, Г. Кржижановский, И. С. Палицын, Н. А. Сазонов, М. А. Шателен, Шеффер, И. Г. Шилов.

Ответственный редактор Я. А. Клиновицкий

# ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПРИЕМ ПОДПИСКИ НА ЖУРНАЛ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Год издания 58-й

24 номера в год

ЖУРНАЛ ГЛАВЭНЕРГОПРОМА и ГЛАВЭНЕРГО НКТП и ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА АКАДЕМИИ НАУК СССР

В группе энергетических журналов СССР „ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“ является  
основным научно-техническим органом, рассчитанным на инженеров и  
научных работников электропромышленности и электрохозяйства

## ПРОГРАММА ЖУРНАЛА

Теоретические проблемы электротехники сильных токов. Основные вопросы электромашино- и аппаратостроения, техники высоких напряжений, электронной техники, автоматизации и электроизмерений. Основные вопросы проектирования и эксплуатации электростанций и электросетей, электрификации промышленности, транспорта, сельского хозяйства и быта СССР. Освещение научно-исследовательских работ институтов и заводов в области электротехники сильных токов, работ энергетических съездов и конференций. Основные вопросы подготовки кадров (программы, учебники), рационализации, стандартизации и норм в электропромышленности и электрохозяйстве. Критическая библиография о новой выходящей электротехнической литературе. Обзоры электрификации СССР и капиталистических стран. Гефера на статьи в иностранный электротехнической печати.

**Подписка принимается с апреля (с № 7)**

**Подписная цена: с апреля до конца года — 27 р.**

**на 6 мес. . . . . 18 р.  
на 3 мес. . . . . 9 р.**

**Подписку и деньги направлять: Москва, Пушечная д. № 9  
Главная К-ра „Техпериодина“**

**Подписка также принимается: отделениями и уполномоченными „Техпериодики“,  
магазинами и киосками Книгосбыта ОНТИ и почтой**

Вологодская областная универсальная научная библиотека

[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА  
НА ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ**

# **„ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ“**

**Издание переработано с учетом достижений стахановского движения и последних успехов науки и техники.**

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ**

Суммирует и обобщает современные технические знания, стремясь к тому, чтобы охватить всю огромную область прикладной науки и практической техники.

Весь материал, помещенный в Технической Энциклопедии, распределен на 33 отдела (250 подотделов) и для выполнения работы по переработке материала привлечено более 1500 ученых, инженерно-технических работников и целый ряд научно-исследовательских институтов и вузов.

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ**

Выйдет в количестве **26** томов и одного тома предметного указателя.

Все тома выпускаются в дерматиновых переплетах с тиснением и в футлярах.

В каждом томе **75—80** авторских листов текста, **800—1000** иллюстраций и **5—10** вкладок на меловой бумаге.

Выпуск 2-го издания Технической Энциклопедии будет начат в 1937 г. и закончен в 1938 г.

## **УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ**

При подписке вносится задаток в размере 15 руб., которые засчитываются при высылке последнего тома; **ТОМА ВЫСЫЛАЮТСЯ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ ПО 15 РУБ. ЗА КАЖДЫЙ.**

Пересылка за счет подписчика.

---

Подписку и деньги направляйте по адресу: Москва 31, Пущечная, 9, Гл. К-ре «Техпериодика» ОНТИ (расчетный счет № 440157 в Управлении Центральных учреждений Московской Областной Конторы Госбанка).

Подписка принимается также всеми отделениями «ТЕХПЕРИОДИКА» ОНТИ, магазинами, киосками и уполномоченными Книгосбыта ОНТИ.

**Примечание:** Подписчики, внесшие задаток на дополнительный тираж 1-го издания «Технической Энциклопедии», получат 2-е издание с зачетом всей уплаченной ими суммы.

Взамен вышедшего 20-го тома 1-го издания будет выслан соответствующий том 2-го издания (с доплатой 5 руб.).

# ВНИМАНИЕ!

На складе Ленинградского отделения „Техпериодика“ ОНТИ имеются в ограниченном количестве II том (вып. 4, 5 и 6) и III том (вып. 7, 8 и 9) „Энциклопедии технических измерений“

## II-й том „ЭТИ“

### Содержание вып. 4-го

Из количества жидкости счетчиками Вольтмана.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров в трубопроводах.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров в трубопроводах по перепаду давления.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров по перепаду давления, созданному посредством дроссельных органов.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров при помощи нормального сопла и нормальной диафрагмы.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров поплавковыми расходомерами.  
Измерение скорости водных потоков по методу засоления.  
Электрические методы измерения давления. Общий обзор.  
Измерение давления пьезоэлектрическим методом.  
Измерение давления методом индуктивности.  
Измерение давления методом емкости.  
Измерение давления на кромку режущего инструмента.  
Измерение в жидкостях. Измерение давления в мощных масляных выключателях.  
Измерение переменных давлений. Снятие индикаторных диаграмм.  
Быстроходных двигателей внутреннего сгорания методом емкости.  
Измерение вибраций машин электромагнитным виброметром системы Броун-Бовери.  
Измерение на расстоянии горизонта открытых вод. Электрическая измерительная передача положения поплавка.  
Изотометрический термометр якорь Сименс и Гальске с вакуумным выключателем.  
Изотометр Гартман с рычажными выключателями.  
Изотометр (регулирующий) гальванометр Гартман и Браун с подающей дужкой.  
Изотометр (регулирующий) гальванометр с подающей дужкой системы Ленинградского института пирометрии.  
Интерференционные счетные операции. Непрерывное сложение и вычитание.  
Измерение с сим и разностей расходными и реостатными датчиками в атометрии.  
Шкальные дифференциальные манометры с механическим извлечением корня в применении к измерению расхода.  
Изумер-кодыевые весы.

### Содержание вып. 5-го

Измерение эталонов длины.  
Измерение основной световой волны.  
Комплектный метод интерференционного измерения плоско-параллельных концевых мер.  
Последственные методы интерференционных измерений плоско-параллельных концевых мер.  
Измерение штриховых мер длины.  
Симметричные длины.  
Шкальные микрометры.  
Изотометры штриховых мер длины.  
Симметричные меры длины.  
Мысль прибор Исердина Гильома.  
Изотометрические приборы механического индикаторного типа.  
Изотометрические приборы оптического индикаторного типа.  
Изотометрические машины.  
Мысль делительные машины.  
Плавающая делительная машина.  
Шкальные плоско-параллельные меры длины.  
Цинковые калибры для измерения длины.  
Крупноточечный микроскоп Цейса.  
Микроскоп Цейса.  
Измерительные приборы для измерения калибров и изделий.

### Содержание вып. 6-го

Измерение емкости.  
Измерение частоты.  
Изотометрические приборы. Правила и нормы.  
Изотометрические приборы. Международные технические условия.  
Время испытания электроизмерительных приборов.  
Измерение электроизмерительных приборов.  
Измерение электроизмерительных приборов.  
Измерение измерительных приборов (преобразование диаграмм).  
Измерение измерительных приборов (способы записи).  
Измерение измерительных приборов (формы и свойства диаграммной бумаги).  
Измерение измерительных приборов (приводные механизмы).  
Измерение измерительных приборов (выпрямляющие механизмы).  
Измерение измерительных приборов с непрерывной записью.  
Измерительные гальванометры и их применение.  
Пироэлектрические логометры со скрещенными катушками.  
Промагнитные астатические приборы.  
Промагнитные логометры.

Цена каждого тома „ЭТИ“ 7 руб. 50 к. Заказы на „ЭТИ“ выполняются наложенным платежом.

Заказы следует направлять по адресу: Ленинград, проспект 25 Октября, Внутри гостиного двора, пом. 100, Ленинградскому отделению „Техпериодика“ ОНТИ.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

Электростатические вольтметры для низкого напряжения.  
Нужные приборы постоянного и переменного тока.  
Лампы накаливания в качестве сопротивлений для измерительных целей.

## III-й том „ЭТИ“

### Содержание вып. 7-го

Механические единицы. Системы.  
Измерение разностей температур теплометрами сопротивления при переменности обеих темп. атм.  
Электрические теплометры.  
Механические теплометры.  
Теплометр с подающей дужкой.  
Бытовые теплометры для абонентов центральных отопительных устройств.  
Анализ топочных и дымовых газов.  
Определение содержания кислорода в газах путем измерения теплопроводности.  
Измерение плотности жидкостей.  
Измерение плотности газов.  
Измерение плотности газов прибором Бунзена-Шиллинга. Методика и погрешности.  
Определение температуры плавления.  
Определение температуры затвердевания битуминозных веществ по способу Ёнфера-Метугера.  
Измерительные правила и нормы.  
Измерительные приборы. Основные определения.  
Круговой экзаменатор.  
Уровни.  
Геодезический четырехметровый компаратор.  
Точные рычажные весы завода „Эталон“.

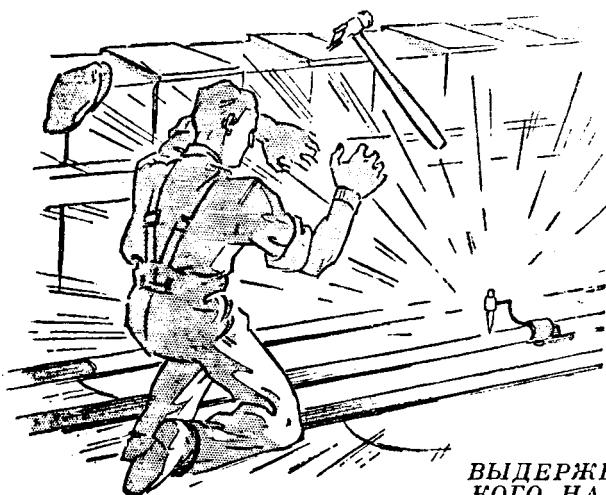
### Содержание вып. 8-го

Световые величины.  
Световые единицы.  
Световые величины и единицы.  
Световые эталоны и образцовые лампы.  
Относительные единицы.  
Основные законы фотометрии.  
Изменение разноцветных световых величин.  
Измерение сила света.  
Объективная фотометрия видимых излучений.  
Световые измерения помощью фот. элементов.  
Измерение освещенности.  
Измерение яркости.  
Измерение светового потока.  
Спектральные световые измерения.  
Измерение коэффициентов отражения, пропускания и поглощения.  
Световые измерительные приборы.  
Переносные фотометры.  
Светодиодные головки.  
Светодиодные скамьи.  
Вращающиеся поглотители.  
Приборы для измерения освещенности.  
Объективные светоизмерительные приборы.  
Объективные приборы для измерения освещенности.  
Распределительные фотометры.  
Светомерный щар.  
Приборы для измерения отражения, пропускания и поглощения.

### Содержание вып. 9-го

Меры и единицы.  
Измерение числа витков в электротехнике.  
Электрические методы измерения малых промежутков времени.  
Измерение сопротивления заземлений.  
Взаимная индуктивность.  
Спределение короткозамкнутых витков в отдельных катушках.  
Прибор для измерения высших гармоник.  
Телеметрия.  
Измерительные приборы.  
Электроизмерительные приборы.  
Магнитоэлектрический осциллограф.  
Магнитоэлектрические счетчики.  
Электродинамические амперметры.  
Измерение напряжения посредством электрического ветра.  
Потенциометры переменного тока.  
Вибрационные механические выпрямители для измерительных целей.  
Вибрационные механические выпрямители. Схемы для уменьшения влияния помех.  
Вибрационные механические выпрямители. Схемы измерения с одн. или несколькими однородно возбужденными выпрямителями.  
Вибрационные механические выпрямители. Схемы возбуждения одного или нескольких однородных возбужденных выпрямителей, применяемые преимущественно для измерения векторов.  
Вибрационные механические выпрямители.  
Погрешности, обусловленные неправильным замыканием контактов вибрационных выпрямителей.

# Неужели Вы прокалываете Ваши кабели чтобы убедиться, есть ли в них ток?



ВЫДЕРЖКА ИЗ ИНСТРУКЦИЙ ПО УХОДУ ЗА СЕТЯМИ ВЪ  
КОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОДНОГО КРУПНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ

„..... и если, при вскрытии грунта, возникает малейшее сомнение относительно правильности местоположения кабеля, то необходимо верить его положение по плану при помощи поверочных испытаний“

Испробовали ли Вы для этих испытаний прибор

## *Standard?*

Бесчисленное множество несчастных случаев вызываются ошибками при определении тождества кабелей.

Испытательный прибор „Standard“ является единственным аппаратом на рынке, надежно устанавливающим тождество любого кабеля во всяком месте линии.

Этот прибор отличается простотой конструкции и мгновенностью действия. Если Вы до сих пор еще не приобрели этого прибора, то просим затребовать описание и цены.

## *Standard Telephones and Cables Limited*

**NORTH WOOLWICH, LONDON, E. 16 - АНГЛИЯ**

Телегр. адрес : WESTOPHONE, LONDON.

Отделения и представительства во всем мире

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ “TEDDINGTON”

предлагаем для холодильной  
мышлен. целый ряд приборов и  
атур новейшей конструкции и  
веренной на опыте эффективно-  
отвечающих всем требованиям  
этой отрасли промышленности.  
ный каталог охотно высыпается  
и по первому требованию.

ДЛЯ

Электрическая  
емкость :  
Переменный  
ток — 10 амп.  
Постоянный  
ток — 2 амп.  
до 250 вольт.

ТЕРМОСТАТ ТИПА “Н.Т.”

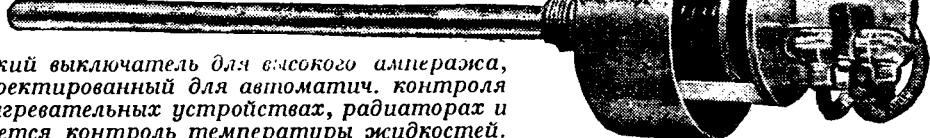


Новый и усовершенствованный контроль-  
ный прибор, применяемый в домашних  
установках для горячей воды и содержа-  
щий биметаллический элемент с выклю-  
чателем, помещенным в изящной коробке  
из бакелита. Этот прибор выполняет  
требования, предъявляемые к термостату  
малых размеров с переменной длиной  
стержня до 610 мм. и специально при-  
способлен для домашнего пользования.

Пределы регулирования :  
38°—94° Ц., 65°—120° Ц. 94°—204° Ц.

электрических водонагревательных приборов любой си-  
стемы, как коммерческого типа, так и для домашнего  
обихода. Термостат “Teddington” осуществляет кон-  
троль температуры наиболее совершенным способом.

## ПОГРУЖАЕМЫЙ ТЕРМОСТАТ ТИПА “Н.Т.”



ически действующий электрический выключатель для высокого ампеража,  
ленного и постоянного тока, спроектированный для автоматич. контроля  
термопары в электрических водонагревательных устройствах, радиаторах и  
из других установках, где требуется контроль температуры жидкостей.

Предел регулирования :  
от 38°—204° Ц., от 60°—82° Ц.  
Дифференциал :  $\pm 3^\circ$  Ц.

Стандартные приборы :  
Перем. или пост. ток 20 амп. до 250 вольт  
Вес : около 900 гр.

the British Thermostat Co. Ltd.

SUNBURY-ON-THAMES  
MIDDLESEX - Англия



Fabrik elektrischer Apparate  
Fr. Sauter A. G., Basel (Швейцария)



производит высококачественные:

## ДИСТАНЦИОННЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

с электро-магнитным и моторным приводом для постоянного  
и переменного тока

с металлическими контактами

**воздушными** для токов до 50 ампер и 500 вольт и  
**масляными** для токов до 600 ампер и 500 вольт

с ртутными выключателями для токов до 20 ампер и 500 вольт

с управлением при помощи постоянных контактов, или же с импульс-  
ным управлением.

**Автоматические переключатели** (со звезды на треугольник)  
с выключением при нулевом напряжении, или без такового.

**Дистанционные выключатели для постепенного  
включения и выключения** специальных моторов.

Периодический выключатель

Требуйте наши каталоги

6728

# Продолжается прием подписки на 1937 год на журналы

## Вестник электропромышленности

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 24 руб.;  
на 6 мес. — 12 руб.;  
на 3 мес. — 6 руб.

## Вестник кочегара

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 6 р. 60 к.;  
на 6 мес. — 3 р. 30 к.;  
на 3 мес. — 1 р. 65 к.

## Гидротехническое строительство

12 номеров в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 22 р. 50 к.;  
на 6 мес. — 15 руб.;  
на 3 мес. — 7 р. 50 к.

## ДИЗЕЛЕСТРОЕНИЕ

12 номеров в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 13 р. 50 к.;  
на 6 мес. — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

## МАШИНИСТ

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 6 руб.;  
на 6 мес. — 3 руб.;  
на 3 мес. — 1 р. 50 к.

## Электрические станции

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 21 руб.;  
на 6 мес. — 10 р. 50 к.;  
на 3 мес. — 5 р. 25 к.

## Бюллетень завода „Динамо“

12 номеров в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 13 р. 50 к.;  
на 6 мес. — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

24 номера в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 27 руб.;  
на 6 мес. — 18 руб.;  
на 3 мес. — 9 руб.

## ЭЛЕКТРОМОНТЕР

12 номеров в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 9 руб.;  
на 6 мес. — 6 руб.;  
на 3 мес. — 3 руб.

## ЭНЕРГЕТИКА

4 номера в год

Подписная цена: на год — 15 руб.;  
на 6 мес. — 8 руб.

## Известия электропромышленности слабого тока

12 номеров в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 13 р. 50 к.;  
на 6 мес. — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

## СВЕТОТЕХНИКА

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 15 руб.;  
на 6 мес. — 7 р. 50 к.;  
на 3 мес. — 3 р. 75 к.

## Советское котлотурбостроение

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 18 руб.;  
на 6 мес. — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

## ТЕПЛО и СИЛА

18 номеров в год

Подписная цена: на год — 36 руб.;  
на 6 мес. — 18 руб.

## Энергетическое обозрение

Выпуск электротехнический

12 номеров в год

Подписка принимается с июля (с № 7)

Подписная цена: с июля до конца  
года — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

## Энергетическое обозрение

Выпуск теплотехнический

12 номеров в год

Подписка принимается с апреля (с № 4)

Подписная цена: с апреля до конца  
года — 13 р. 50 к.;  
на 6 мес. — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

Подписку и деньги направлять по адресу: Москва 31, Пушечная 9, Главная к-ра „ТЕХПЕРИОДИКА“

Подписка также принимается: отделениями и уполномоченными „Техпериодики“, магазинам и киосками ОНТИ и всюду на почте.

### Адреса отделений:

Ленинград, проспект 25 Октября, внутри Гостиного  
двора, пом. 100.  
Киев, Городища, 38, магазин № 1.  
Харьков, ул. Свердлова, 46.  
Горький, Октябрьская ул. 25, дом ИТР.  
Свердловск, Дом промышленности, 4-й эт., 2-й блок,  
комн. 46.

Днепропетровск, проспект Карла Маркса, 84.  
Ростов н/Д, ул. Энгельса, 73.  
Новосибирск, Красный проспект, 17.  
Сталино-Донбасс, З-я линия, 28.  
Тбилиси, проспект Г. Муханова, 33.  
Одесса, ул. Дебни, 2/ка