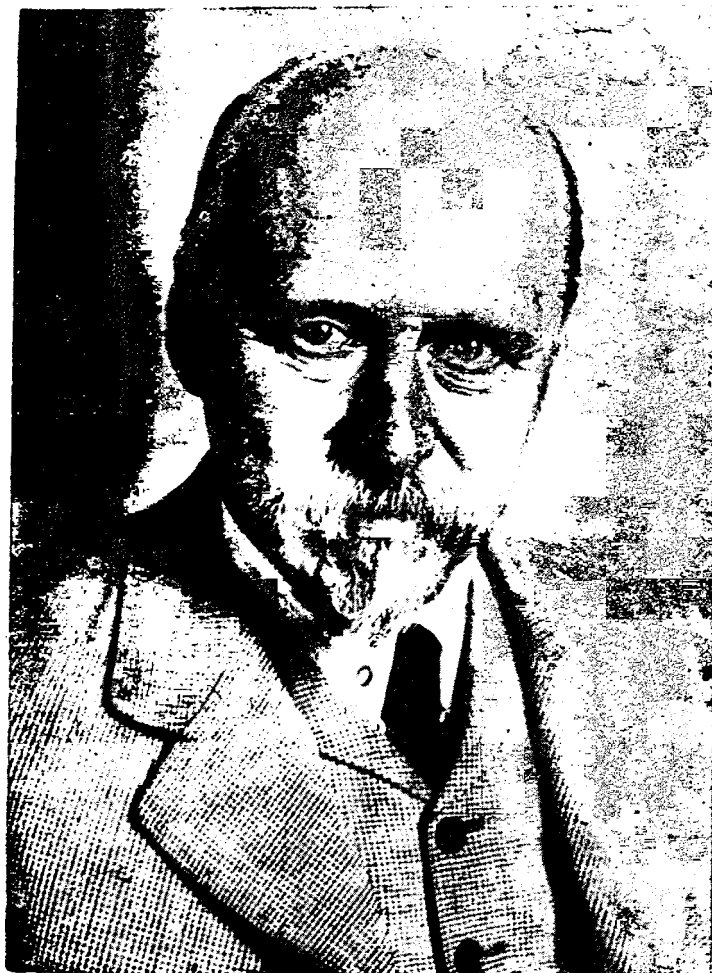


№ 30030



# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

# 1

1 9 3 7

ОБЪЕДИНЕН  
ТЕХНИЧЕСКОЕ



НОЕ НАУЧНО-  
ИЗДАТЕЛЬСТВО



## Регулирующие и измерительные приборы для теплоконтроля

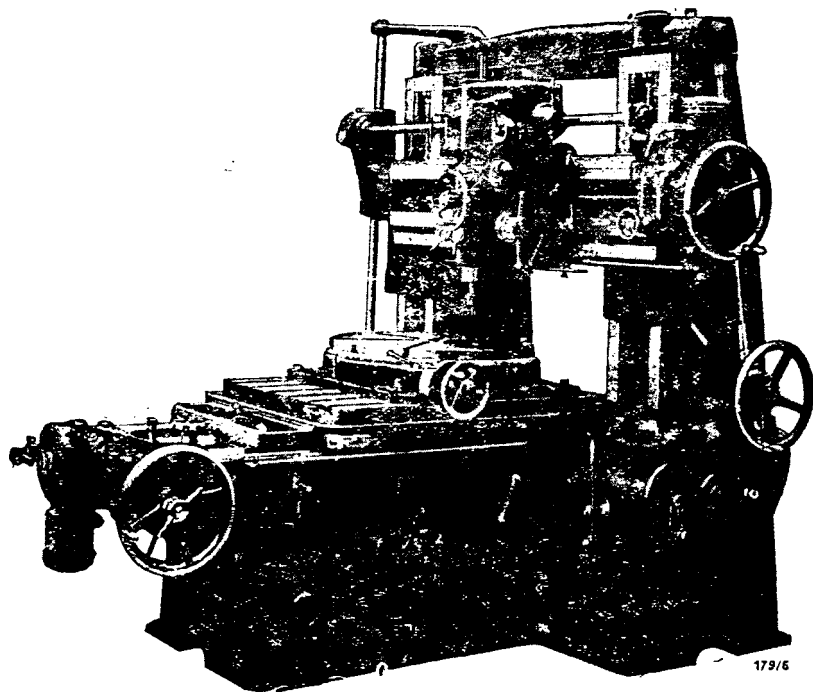
С запросами просим обращаться по адресу:

**SIEMENS & HALSKE A.-G., Technisches Büro Ost, BERLIN-SIEMENSSTADT**

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога образцов и проспектов просим ссылаться на номер нашего журнала

# СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ КАЛИБРОВ

Шедевры современного станкостроения



Сверлильные станки для калибров системы Гаузера применяются с большим успехом при точных работах по нанесению центров, сверлению, расточке, измерению и контролю. Пользование этими станками основано на системе координат. Перенесение размеров производится с максимальной точностью. Точность направляющих салазок 0,005 мм, так что измерения или работы, производимые при посредстве сверлильного станка для калибров системы Гаузера гарантируют любую точность.

Потребное рабочее время при пользовании сверлильным станком для калибров по сравнению с токарным станком:

Обработка эталонной плиты из инструментальной стали в 200/150/15 мм; сверление 32 отверстий диам. от 3—38 мм (20 отверстий диам. 3 мм, 5 отверстий — 10 мм, 4 — 16 мм, 2 — 20 мм, 1 — 38 мм).

Рабочее время на сверлильном станке для калибров системы Гаузера № 3½: установка, правка, нанесение центров, сверление и расточка — всего 7 часов 45 мин.

Рабочее время на токарном станке: 36 часов 50 мин.

Экономия времени при пользовании нашим сверлильным станком для калибров: 28 часов 45 мин., т. е. около 75% времени при более надежном способе работы. Эти сверлильные станки совершенно необходимы поэтому для изготовления калибров и приспособлений.

Просим затребовать наш русский проспект № 798.

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

6705

# ПОЛНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ для КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

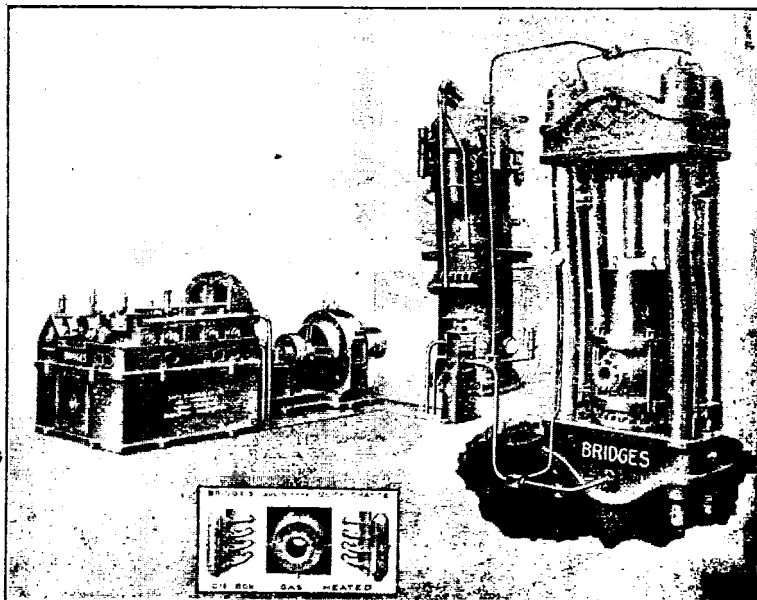
Благодаря непрерывным улучшениям в течение ряда лет, фирма БРИДЖ имеет теперь возможность предложить кабельным заводам машины для всех отраслей этого производства, непревзойденные по замыслу и конструкции.

## Ниже описан УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС БРИДЖА для СВИНЦОВЫХ КАБЕЛЕЙ

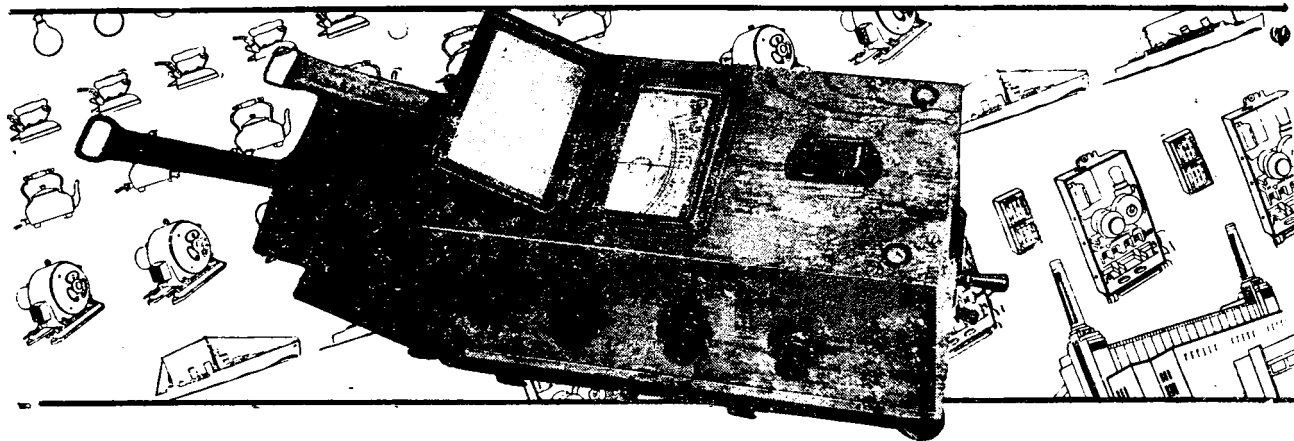
Мы специально сконструировали этот пресс со вспомогательными поршнями для обратного хода главного поршня. Само собой понятно, что такое устройство устраняет бесконечные неудобства при перемене кожаных прокладок, причем совершенно нет надобности менять нижнюю прокладку.

**DAVID BRIDGE & Co. Ltd.**  
ENGINEERS, IRON AND BRASS FOUNDERS  
Castleton, Manchester

а также:  
Aldwych House, Aldwych,  
LONDON W.C.2 (Англия)



## ИЗБЕГАЙТЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ



путем проверки вашей инсталляции прибором  
"MEGGER", служащим для испытания изоляции

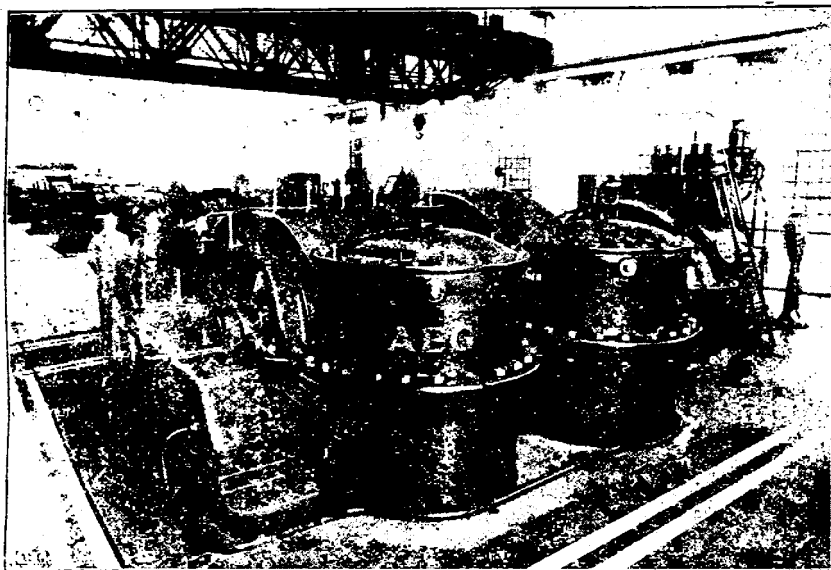
За техническими справками обращайтесь непосредственно  
к фирме, производящей указанный прибор, по адресу :

**EVERSHED & VIGNOLES LTD**

Acton Lane Work, Chiswick, LONDON, W.4. (Англия)

МАРКА "MEGGER" ОХРАНЕНА ЗАКОНОМ

Вологодский областной универсальный научная библиотека  
www.booksite.ru



# AEG

поставляет

## Турбо- компрессоры

до  
самых больших мощностей

Турбокомпрессор для 72500 м<sup>3</sup>/час

*Печатный материал по первому требованию*

## Allgemeine Elektrizitäts - Gesellschaft

Abt. Rußland — Berlin NW 40

6726

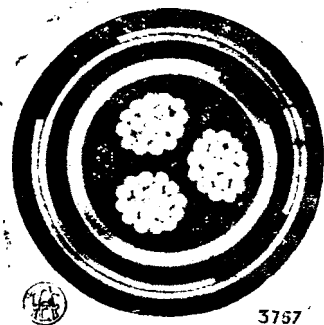
## ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI



Мощные кабели любого напряжения, под свинцом и бронированные

- Кабели для очень высокого напряжения, металлизированные, для жидкого масла, под давлением
- Телефонные кабели, кабели для радиопередачи, сигнализации, кабели для шахт, кабели подводные
- Ящики для кабелей и разные принадлежности к ним
- Проволока и кабели под каучуковой изоляцией для всякого применения
- Проволока и кабели в условиях непогоды
- Проволока и кабели для сырых помещений и помещений с вредными парами
- Проволока и кабели лакированные, проволока для обмотки
- Трубки изолированные и неизолированные для электрического тока

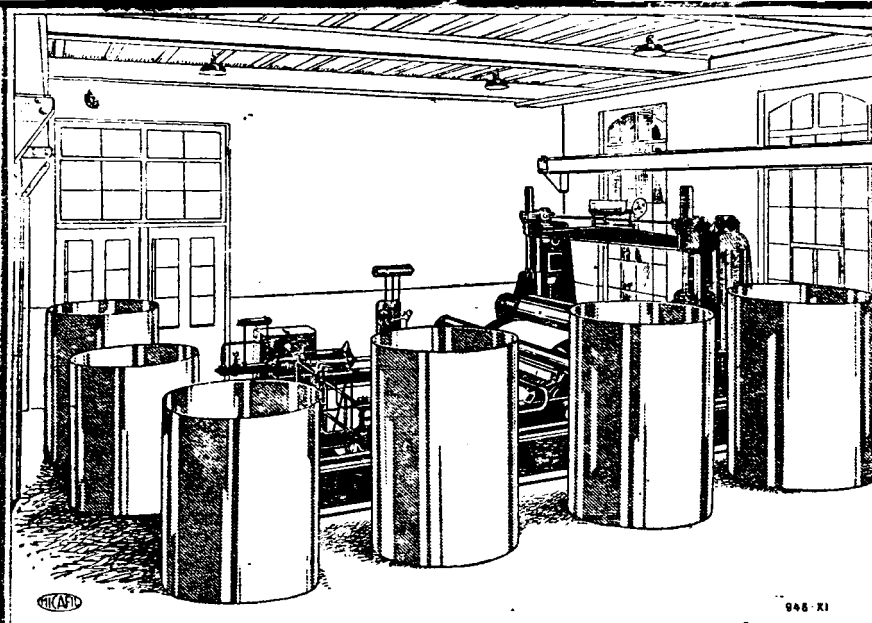
Обручное железо холодной прокатки.



**Кабельный Завод**  
**CABLERIE**



**Шарлеруа (Бельгия)**  
**CHARLEROI**



**MICAFIL**

Производство изоляционного материала на высокое напряжение, в особенности гильз (для трансформаторов), труб и зажимов привело к постройке высококачественных специальных машин. Они служат для обработки лакированной искусственной смолой бумаги под давлением и при высокой температуре.

Представленная рядом обмоточная машина применима для

гильз диаметром до 2500 мм  
гильз длиной до 3500 мм

Легкая обзореваемость при обслуживании от одного центрального места. — Автоматическое прессующее давление. — Температура нагревательных валков и прессующее давление поддаются регулированию.

Акц. Общ. МИКАФИЛЬ строит все машины для производства пропитанных искусственной смолой труб, гильз и зажимов на высокое напряжение из затвердевшей бумаги.

Разработка проектов по желанию.

**MICAFIL A. G., ZÜRICH-ALTSTETTEN (Швейцария)**

6730

**Чистое железо  
АРМКО**

рекомендуется для телефонных и радио-аппаратов. Благодаря своей исключительной чистоте — сумма пяти элементов: углерода, марганца, кремня, серы и фосфора ниже 0,15% — железо АРМКО имеет необыкновенно высокую магнитную проницаемость. Поставляется в виде лент горячей и холодной прокатки, в виде круглых и квадратных брусков, а также в виде профильного железа.

**Трансформаторная  
сталь АРМКО**

Производство включает все сорта трансформаторной листовой стали. Обращаем Ваше особое внимание на нашу марку "Transcor 5" с потерей в 1 watt при  $B=10.000$  и 50 периодах. Листы марки "Transcor 5" имеют ровную и гладкую поверхность и поддаются легко штамповке.

**Специальные стали**

Нержавеющие стали для всех целей. Огнестойкие стали марки "Сикромаль". В особенности рекомендуем цельнотянутые легированные трубы (до 1500 мм. диаметром) для пароперегревателей, воздухонагревателей, труб для чистки котлов и т. д.



**ARMCO**

**6, Avenue Gourgaud, 6 - PARIS (XVII<sup>e</sup>) Франция**

**В СОЕДИН. ШТАТАХ:**  
The ARMCO International Corp.  
Middletown, Ohio и  
21 West Street, NEW YORK City

**В ГЕРМАНИИ:**  
ARMCO-EISEN G.m.b.H.  
KÖLN a/Rh., Hochhaus

**В АНГЛИИ:**  
ARMCO Ltd  
Thames House, Millbank  
LONDON, S.W.1.

**В ИТАЛИИ:**  
ARMCO S.A.  
Via S.Lorenzo 4. GENOVA

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ГОД ИЗДАНИЯ 58-й

1  
1937  
ЯНВАРЬ

ОРГАН ГЛАВЭНЕРГОПРОМА, ГЛАВЭНЕРГО НКТП И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АКАДЕМИИ НАУК СССР  
Адрес редакции: Москва, Бол. Калужская, дом 67. Энергетический ин-т, I этаж, комн. 26; тел. В 5-32-79  
Адрес для корреспонденции: Москва, Главный почтамт, почтовый ящик № 648.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Графтио Г. О. — 10 лет Волховской гЭС им. В. И. Ленина . . . . .	1
Балуев В. К. — Электротехнические средства современных инженерных войск . . . . .	3
Хрущов В. М. — Расчет районных сетей с одним пунктом питания . . . . .	11
Смышляев Г. Я. и Махоз Н. — Стабильность жидких диэлектриков в электрическом поле . . . . .	15
Горев А. А. и Машкиллейсон Л. Е. — Новый импульсный генератор лаборатории им. проф. А. А. Смурова . . . . .	18
Суслов М. П. — Приборы автоматизации гидроэлектростанций США . . . . .	23
Эпштейн Г. Л. — Лабораторная база высоковольтной электропромышленности США и Англии . . . . .	28
Михайлов В. И. — Электрификация Франции в 1935—35 г. . . . .	36
На обложке — Президент Академии наук СССР академик Владимир Леонтьевич Комаров	

## 10 лет Волховской гЭС им. В. И. Ленина

Г. О. Графтио  
Свирьстрой

В ДЕКАБРЕ 1936 г. исполнилось первое десятилетие пуска в ход Волховской гидроэлектростанции им. В. И. Ленина.

Шел январь 1918 г. Надвигался период интервенций. Ленинград частично эвакуировался. И тем не менее летом того же 1918 г. (13 июля) в Москве по предложению В. И. Ленина Совет народных комиссаров утвердил постройку и отпустил кредиты на сооружение Волховстроя.

Волховстрой сооружался в огненные дни гражданской войны, в период голода и разрухи. От него отшатнулись малодушные, считая его пустой затеей и предвещаая плохой конец. Ни гражданская война ни разруха не поколебали твердого ленинского решения. Ленин взял Волховстрой под свое личное наблюдение и находил время и возможность вникать во все важнейшие нужды и трудности, которые встречали строители Волховстроя.

И горе было тем, кто по нерадению, халатности или ведомственному бюрократизму мешал или вредил строительству. К таким людям Ленин был беспощаден, и не спасали ни стаж, ни положение, как бы высоко оно ни было.

Одновременно В. И. Ленин обладал исключительной обаятельностью и чарующей простотой

в обращении. Их познали те из нас, кому довелось с ним лично по делу встречаться. Владимир Ильич верил в людей и доверял им. И это доверие имело магическое действие. Ничто не казалось трудным.

Так был построен Волховстрой: плотина, силовая станция, шлюзы, 110-киловольтная линия передачи, понижающая подстанция в Ленинграде, ряд вторичных гидроэлектростанций и 35-киловольтная кабельная сеть.

С самого начала эксплуатации выяснилось, что мощность установленных турбин превышает обусловленную на 15% и что им соответствуют также повышенные мощности генераторов и трансформаторов. Это дало возможность повысить проектную мощность силовой станции с 56 тыс. киловатт до 64 тыс. киловатт при тех напорах, создаваемых плотиной, которые были проектом установлены. Необходимо отметить, что при назначении предельных напоров мы при проектировании и осуществлении волховской установки были ограничены весьма жесткими требованиями непотопления Новгорода и незатопления ряда селений, расположенных в большом междуречье, образованном притоками Волхова. Для использования сливающихся через плотину высоких весенних вод нами

было намечено регулирование оз. Ильмень, что дало бы возможность при том же оборудовании силовой станции увеличить на 25% количество вырабатываемых киловатт-часов.

Но нам не пришлось осуществить эти возможности. Через несколько лет после пуска Волховской гидроэлектростанции отпали ограничения затоплений низменных земель и селений. Развитие колхозного хозяйства расширило возможности целесообразных отчуждений и в государственном и в областном масштабе. Это обстоятельство позволило повысить напор у Волховской гидроэлектростанции на 2 метра и тем самым увеличить возможную мощность силовой станции на 20%. В настоящее время установленная мощность Волховской гидроэлектростанции определяется в 76 тыс. киловатт с максимумами, доходящими до 80 тыс. киловатт.

Таким образом Волховская гидроэлектростанция является немаловажным звеном в системе Ленэнерго, обслуживающей Ленинград и его промышлен-

ность. За истекшие 10 лет она дала Ленинграду свыше 1600 миллионов киловатт-часов.

Она дала за это время государству экономии в себестоимости электроэнергии по сравнению с вырабатываемой паровыми станциями не менее 125 млн. руб. Она сэкономила за это время не менее 4,5 млн. тонн торфа. Стоимость же Волховской гидроэлектростанции с плотиной, линией передачи и понижающей подстанцией в Ленинграде определяется в 76 млн. руб. Она давно окупила себя.

10 лет назад при пуске Волховской гидроэлектростанции железный большевик Сергей Миронович Киров призывал применить опыт Волховстроя на всем нашем большом строительстве.

Этот призыв С. М. Кирова осуществляется по всей нашей необъятной стране в великом строительстве под гениальным руководством товарища Сталина. Использование водных сил, начатое Владимиром Ильичем Лениным, нашло себе большое и почетное место.

## ВОЛХОВСТРОЙ в 1921 г.

**Телефонограмма в ВСНХ, 8 сентября 1921 г.**

**ВЕСЬМА СРОЧНО**

*Президиум ВСНХ, копия НКФин и НКРКИ и инженеру Графтио (домашний телефон 1-72-49. Поварская, 22, кв. 3)*

*Волховское строительство по сообщению Графтио обеспечено на сентябрь—декабрь продовольствием, но работа стоит за отсутствием денежных знаков. Главкомгосоор отпускает на сентябрь Волховстройке всего 125 миллионов в то время, когда по словам Графтио требуется более одного миллиарда.*

*Предлагаю немедленно обеспечить Волховстройку необходимым количеством дензнаков для обеспечения форсированного ведения работ соответственно количеству отпущенных, согласно постановления ВЦИК от 30 мая и 5 ноября, пайков.*

*Пришлите мне сообщение об исполнении не позднее 10 сентября.*

Ленинский сборник, XXIII, 31

Пред. СНК (Ленин)



# Приветствие товарища ОРДЖОНИКИДЗЕ

Академику Г. О. ГРАФТИО

*Горячо приветствую вас, дорогой Генрих Осипович, в день сорокалетия вашей деятельности.*

*Под руководством великой партии Ленина—Сталина в нашей стране создана мощная гидроэнергетика.*

*Ваше имя—строителя Волхова и Свири—стоит в ряду лучших людей нашей страны, отмеченных высокой наградой правительства.*

*Крепко жму руку. Желаю еще много лет работать на пользу социалистической промышленности.*

С. ОРДЖОНИКИДЗЕ

## Электротехнические средства современных инженерных войск

ELECTRICITY IN USE OF MODERN MILITARY ENGINEER CORPS

В. К. Балуев

Москва

**Ш**ИРОКИЕ круги электротехников не всегда ясно представляют себе современный масштаб и характер применения электротехники в военном деле. С этой точки зрения, настоящее сообщение, ограничивающееся освещением некоторых вопросов использования электротехники сильных токов в военно-инженерном деле, может быть полезно.

Развитие военной электротехники шло параллельно с ростом электрификации в промышленности, сельском хозяйстве и в быту. В 1816 г. была сформирована в царской России при 2-м саперном батальоне учебная гальваническая рота; главные специальности этой части — телеграфное и минное дело. Первый в мире опыт над применением электрического тока к воспламенению подводных мин был произведен в России Шиллингом, который в 1822 г. взорвал вольтовым столбом свой подводный фугас. В 1884 г. существовало Техническое гальваническое заведение, получившее это наименование от мастерских для изготовления различных предметов по гальванической части для военного ведомства.

В связи с быстрыми успехами электротехники и применением ее в военном деле гальваническая рота и Техническое гальваническое заведение были слиты и реорганизованы в 1894 г. в Военную

электротехническую школу, где, кроме старых специальностей, изучались электрическое освещение, электрические станции и т. д.

В это время употреблялись за границей прожекторы, которые были использованы французами при обороне Парижа в 1870 г. В период русско-японской войны прожекторы применяли уже и русские войска. Тогда же с их стороны были сделаны попытки электризации препятствий, когда при обороне Порт-Артура в дополнение к обычным проволочным препятствиям вокруг крепости была устроена «электрическая изгородь». Отмечены случаи применения электрического освещения на театре военных действий. Японские войска, по-видимому, применяли при минной войне электрические бурава. Большого распространения, однако, электротехнические средства в эту войну не нашли.

В 1909 г. возникает вопрос в русской армии о снабжении саперных батальонов электроосветительными станциями, которые появились, однако, лишь накануне империалистической войны, — это были установки с агрегатом мощностью 2,4 kW при напряжении 110 V постоянного тока, производства фирмы Шуккерт. Назначение этих установок — освещение минных галлерей; станция транспортировалась на 5 повозках. Есть сведения, что

немецкое командование использовало опыт русско-японской войны, в частности, в области электризации препятствий, произвело опыты в этом направлении и было подготовлено к широкому применению электротехнических средств. Это и было продемонстрировано практикой империалистической войны 1914—1918 гг., во время которой германские части обладали наибольшей электровооруженностью.

Империалистическая война 1914—1918 гг. дала быстрый толчок дальнейшему развитию инженерных электротехнических средств: поражающие установки, электрификация самых разнообразных инженерных работ, электрическое освещение, широкое применение аккумуляторов для различных целей, электрификация бытовых и вспомогательных приборов, снабжение энергией всех указанных потребителей при помощи подвижных электрических станций или использования высоковольтных линий с постройкой обширной сети временных передач и трансформаторных подстанций.

В настоящее время электрическая энергия в самых разнообразных формах находит себе применение в армии и, вообще говоря, нельзя себе представить ни одного момента жизни бойца (мирная обстановка, поход, бой, отдых), где не участвовало бы электричество в том или ином виде.

Проволочные средства связи (телефон и телеграф); радиосвязь; электрификация почти всех инженерных работ; боевые электротехнические средства; установки ПВО (зенитные прожекторы, прожекторы наземного действия); электрификация ремонтного дела (мастерских разного назначения); электричество в подрывном деле (подрывные машинки, замыкатели, измерительные приборы и т. д.); электрическое оборудование военных судов морских и речных, самолетов, танков, бронемашин, автомобилей и тракторов; электрификация артиллерии; оборудование долговременных сооружений, аэродромов, посадочных площадок, электрификация военно-санитарного дела и хозяйственно-бытовых устройств и т. д. — вот краткий перечень форм применения электричества. Значительно возрастающая, оперативнотактическая подвижность войск и быстротечность действий требуют от инженерных частей высокоскоростных показателей в работах по обеспечению операций, что и обуславливает повышение роли электричества в военном деле.

Развитие новых боевых средств во всех zapра-ничных армиях сопровождается широким внедрением электротехнических средств управления и связи. Развиваются автоматические приборы управления огнем, звукоулавливателями и прожекторами. В сильной степени используются достижения телемеханики (управление на расстоянии судами, аэропланами и пр.), телевидения, невидимой телеграфии и телефонии (инфралучи). Прорабатываются проблемы электроминных заграждений, электризации препятствий, земли и пр.

В секретных лабораториях империалистических государств готовятся сюрпризы электротехнического свойства для будущей войны.

Хотя в настоящее время идея массовых армий находит всеобщее признание, отдельные военные

деятели капиталистического мира ищут возможностей почти совершенно исключить ненадежность теперь для буржуазии человека из участия в войне, заменив его управляемыми по радио аппаратами, которые «слепы, глухи, немые, их не разжалобишь и не устроишь, они из стали и проволоки». Одной из этих возможностей некоторые представители буржуазии и в том числе известный английский писатель генерал Фуллер в своей статье «Электрифицированная война» считают рост электрификации армии.

Мы должны зорко следить за всеми новейшими достижениями в области электротехники, чтобы быть во всеоружии современных электротехнических средств войны.

\*\*\*

Все потребители электрической энергии в полных условиях с точки зрения военно-инженерной службы в области техники сильных токов разделяются на следующие основные группы: 1) электротехнические средства, имеющие боевое применение — электризация препятствий, земли и пр.; 2) электротехнические средства способствующие боевой работе, — электрификация командных пунктов и штабов, электрификация аэродромов и авиабаз; 3) электротехнические средства, увеличивающие маневренность, — электрификация военно-инженерных работ, освещение военно-инженерных работ; 4) электротехнические средства, обеспечивающие работу армейских организаций — электрификация ремонтных мастерских, электрификация санитарных частей, электрификация складов и станций снабжения; 5) электротехнические средства, уменьшающие число тыловых работников, — электрификация учреждений с целью повышения производительности труда — хлебопекарни, прачечные, баня и т. д.

Масштаб современного применения электрической энергии для различных нужд характеризуется данными табл. 1, составленной на основании литературных данных. Естественно, что позднее части с их возросшей боевой мощностью и подвижностью потребуют значительно большего количества электрической энергии для покрытия всех нужд.

Таблица 1

№ п/п	Назначение установок	Мощность для 1 комплекта в kW
1	Электризация препятствий . . . . .	20—300
2	Электрификация штабов . . . . .	1,5—10
3	„ аэродромов . . . . .	—
4	„ авиабаз . . . . .	—
	и освещение военно-инженерных работ:	
	мостовые работы . . . . .	23—25
	лесозаготовительные работы . . . . .	60—100
	строительные работы . . . . .	20—100
5	Ремонтные мастерские . . . . .	8—30
6	Установка для пропаганды . . . . .	2,5—5
7	Электрификация санитарных учреждений	3—10
8	хозяйственных учреждений . . . . .	10—15

Уже в период империалистической войны 1914—1918 гг. некоторые корпуса немецкой армии имели электрические установки общей мощностью до 2500 kW. Эта цифра в некоторых случаях снижалась до 300 kW, что объяснялось просто недостатком и необеспеченностью данного соединения электротехническими установками. Естественно ожидать, что в новых условиях боя цифра максимальной энерговооруженности частей будет не ниже, а выше указанных для империалистической войны.

Поражающие электротехнические средства известны как установки для электризации препятствий. Принцип действия электризованных препятствий состоит в том, что к препятствию подводится один полюс источника энергии высокого напряжения, а другой полюс надежно заземляется; препятствие тем или иным способом изолировано от земли. Таким образом между препятствием и землей устанавливается некоторая разность электрических потенциалов, необходимая для поражения при замыкании электрической цепи человеком, стоящим на земле и прикоснувшимся к препятствию; в последнем случае земля является вторым проводником. При правильно подобранном напряжении между препятствием и землей происходит поражение человека, прикоснувшегося к препятствию.

Во время мировой войны электризация препятствий уже широко применялась воюющими странами: французами, итальянцами и немцами на западноевропейских фронтах, немцами — на русском северном фронте, австрийцами — в Галиции и Буковине и, наконец, русскими — на юго-западном фронте и на рижском участке. Австрийцы и немцы преимущественно производили электризацию от стационарных большой мощности установок. Русские, французы, итальянцы и немцы на северном фронте пользовались подвижными электростанциями, конными или автомобильными малой мощности. Удаление подвижных станций от линии расположения препятствий наблюдалось от 1 до 2 km, а протяженность препятствия, электризуемого от одной подвижной станции, — около 5 km. Питание препятствий электрической энергией в сфере артиллерийского обстрела должно быть многопроводным.

Опыт империалистической войны позволяет сделать следующие выводы о применении электризованных препятствий: 1) электризация заграждений предохраняет от неожиданных нападений противника; 2) электризованные препятствия могут быть применены при всех случаях обороны; электризация значительно повышает непреодолимость и значение препятствий; 3) в условиях маневренной войны электризованные препятствия будут иметь наибольшее значение при: а) неудаче операции и необходимости оторваться главными силами от противника для новой перегруппировки их; б) закреплении рубежа; в) наличии окружения войск; г) обороне теснин, переправ, дефилов; 4) электризованные препятствия затрудняют разведку противника и парализуют подслушивание телефонных разговоров; 5) уничтожить электризованное препятствие, не прибегая к артиллерийскому огню, значительно труднее, чем обычное заграждение; 6) моральное впечатление на атаку-

ющего от поражения электрическим током очень велико, в то же время электризация благотворно действует на моральное состояние своих войск.

Электризация препятствий может быть применена для целей охраны, для уменьшения числа часовых или сторожей. Немцы, например, соорудили во время империалистической войны электризованные препятствия вдоль голландской границы, чтобы препятствовать бегству пленных и переходу за границу своих праждан. Электризации могут быть подвергнуты разного рода препятствия. Препятствия, построенные на деревянных кольцах, могут быть электризованы при подсушенных или пропитанных кольях и креплении нижних точек проволоки не ниже 10 см от уровня земли.

Нормальные препятствия, построенные на сжегсрубленных кольях, электризовать затруднительно из-за большой мощности утечки и возможного горения кольев. Фарфоровые и стеклянные изоляторы слишком демаскируют препятствия и от применения их отказались. Применение различных изолирующих материалов — кровельный толь, пропитанная бумага, покрытие лаком и асфальтом — не дало положительных результатов. Pollak указывает, что при опытах по разработке способов обезвреживания электризованных препятствий обнаружилось явление, состоящее в том, что лежащий на земле голый провод при напряжении порядка 1000 V представляет небольшое заземление. Правда, при включении получались мгновенные сильные токи, но уже через несколько секунд сила тока все больше уменьшалась и, наконец, достигала минимального значения, наступало явление «подсушки». Были исследованы голые, оцинкованные, ржавые железные провода и проволочные тросы диаметром от 1 до 3 mm на песчаной почве, на лугах, на голой скале. Оказалось, что при напряжении от 1000 до 1200 V погонный метр проволоки после подсушки потребляет приблизительно 2 W электрической мощности; таким образом было создано очень простое заграждение.

В лесных местностях немцы применяли специальное электризованное препятствие. Между деревьями протягивался изолированно укрепленный на высоте 2,5—3 m провод, от которого с промежутками в несколько сантиметров свешивались вниз, не доходя до земли на 40—50 см, концы очень тонкой, едва заметной проволоки. Такая система в лесу, совершенно незаметная даже с близкого расстояния, бралась под напряжение, потребляя очень немного энергии.

Электризация почвы технически выполнима, но устройство такого рода препятствий требует больших работ, особых условий почвы и много времени; электризация почвы требует около 300—400 W электрической энергии на погонный метр. Применение подобных препятствий возможно при наличии крупных электрических станций.

В зимних условиях электризация нормальных препятствий не достигает цели, так как между ногами и почвой получается слой снега, являющегося хорошим изолятором (удельное сопротивление снега  $7,2 \cdot 10^7$  см). Для надежной электризации в данных условиях потребуются специальные препятствия.

Борьба с электризованными препятствиями ведется в трех направлениях: а) обнаружение, б) обезвреживание и в) оказание помощи пострадавшим. Обнаружение района расположения электризованных препятствий может быть произведено: а) обычными телефонными аппаратами, б) станциями для подслушивания телефонных разговоров и в) путем разведки. В телефонных аппаратах и приборах для подслушивания при работе электризованных препятствий слышен сильный характерный шум. Обнаружение электризованных препятствий может быть произведено и непосредственно по искрам, появляющимся при касании к проволокам препятствия металлическими предметами. Эта операция может быть поручаема только специально обученным людям, снабженным специальными средствами, например, металлическими костюмами.

Уничтожение обнаруженных электризованных препятствий может быть произведено: а) артиллерийскими средствами, б) танками, в) искусственным заземлением и г) непосредственной резкой проволочного препятствия. Наиболее надежными средствами уничтожения электризованных препятствий являются артиллерийский огонь, минометы, ручные гранаты и бомбометы.

Электрификация штабов и командных пунктов имеет целью создать благоприятные условия для работы ночью, т. е. дать электрический свет и электрифицировать вентиляционные установки в убежищах. В дальнейшем можно предполагать применение простейших нагревательных приборов для подогрева пищи при наличии достаточного количества электрической энергии.

Электрическое освещение применялось на всех фронтах и почти всеми армиями воюющих стран. Это вызывалось экономическими причинами, в частности, в Германии, где уже в 1915 г. обнаружился недостаток осветительных материалов — свечей, керосина, спирта и даже карбида.

В установившихся в настоящее время взглядах на будущую войну как войну воздушную и химическую вопрос об убежищах и, в частности, газоубежищах приобретает большое значение. В газоубежищах приходится ограничивать площадь, полагающуюся на каждого бойца, а потому возможная экономия в сохранении чистого воздуха становится настоятельно необходимой, и здесь керосин, газ или свечи более, чем где-либо, должны быть заменены электричеством.

Для устройства электрического освещения в штабах и командных пунктах используются: а) переносные электрические фонари, б) специальные установки для освещения командных пунктов и в) подвижные электроосветительные станции. Последние дают энергию и для вентиляции помещений.

Переносные электрические фонари встречаются в следующих исполнениях: 1) с элементами, 2) аккумуляторные и 3) магнитоэлектрические с ручным приводом и пружинным заводом. По конструкции оптической системы различают фонари: 1) со сферическим отражателем, 2) с параболическим отражателем и 3) с собирающей линзой. По выполнению источников света имеют-

ся фонари с лампами обыкновенными и с концентрированным расположением нити.

Основные данные аккумуляторных фонарей указаны в табл. 2.

Таблица 2  
Основные данные переносных аккумуляторных фонарей

№ п/п	Аккумулятор		Лампа		Фонарь в целом		
	тип	емкость, Ач	напряжение, В	сила света, с	максимальная сила света, с	вес с аккумулятором, кг	габаритные размеры, мм
1	I A-10 . .	10	2,5	1,6	290	1,6	40×145×135
2	II A-10 . .	10	2,5	1,6	790	1,4	145×90×145

Из всех известных зарубежных образцов магнитоэлектрических фонарей с ручным приводом (табл. 3) наиболее благоприятные результаты дает конструкция фонаря «Пигмей», имеющего вес 180 g и размеры 83×55×28 mm. Фонарь свободно помещается в кармане и не требует специальных приспособлений для переноски. Одно из основных его преимуществ — отсутствие вращающихся обмоток. Дальность действия фонаря 1,5—2 m. Фонарь завода «Электросила» построен по образцу этого французского фонарика.

Таблица 3  
Основные данные магнитоэлектрических фонарей

№ п/п	Фирма	Фонарь в целом					Лампа	
		система привода	размер	вес, кг	максимальная сила света, с	средняя сила света, с	напряжение, В	сила тока, А
1	Puymi . .	Ручной привод	83×55×28	0,18	5,9	3,8	3,25	0,15
2	Lucifer . .	"	—	0,30	9,1	5,3	3,5	0,15
3	Dynapoché	"	—	0,30	9,6	8,1	2,5	0,15
4	Campbelle.	Пружинный завод	195×75	1,165	10,5	—	2,6	0,1

Фонарь состоит из следующих основных частей: корпуса, генератора, передаточного механизма, лампы накаливания и оптической системы. Корпус фонаря сделан из пластмассы и имеет эллипсоидную форму для удобного расположения в ладони руки. Генератором фонарика служит магнитоэлектрическая машина, в которой вращающейся частью является постоянный магнит крестообразной формы. Полезная мощность магнитоэлектрической машины — 0,39 W. В отношении неравномерности хода, а следовательно, колебания мигания света следует отметить, что при колебании скорости фонаря «Пигмей» в 42,5% изменение напряжения происходит в пределах лишь 15%. Это объясняется свойством саморегулируемости, присущим машинам переменного тока с постоянными магнитами, у которых напряжение на клеммах при нагрузке изменяется значительно медленнее, чем число оборотов. Оптическая система фонаря состоит из рефлектора и линзы, которая одновременно предназначается и для защиты лампы от механических повреждений.

Специальные установки для освещения командных пунктов (рис. 1) конструкции инж. В. К.

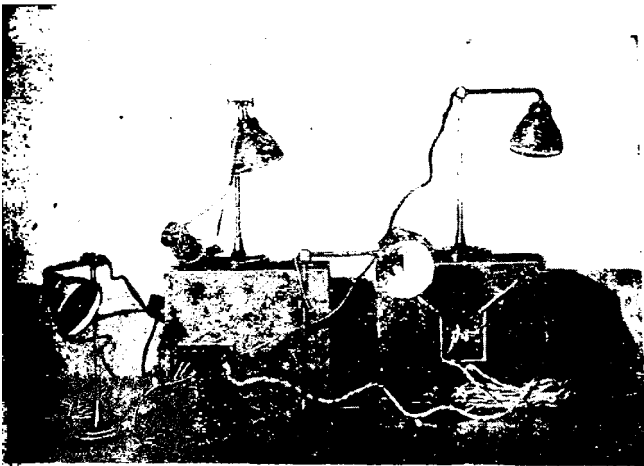


Рис. 1. Переносная аккумуляторная осветительная установка

устройства состоят из следующих основных частей:

а) аккумуляторной батареи типа 5 Сu 3, емкостью 34 Аh; б) 4 разборных арматур с заряженным проводом и патронами «Сван-миньон»; в) комплекта ламп в 6 В—3 св., 10 св. и 15 св.; г) ящика для укладки осветительной аппаратуры, в боковой стенке которого расположен распределительный щиток для включения 4 ламп в цепь питания электрической энергии от батареи. Соединение батареи с щитком происходит при помощи соединительного конца из шлангового кабеля.

Подвижные электрические станции, используемые для освещения штабов и командных пунктов, имеют мощность 1,5; 3,6 и 10 kW при напряжении 120 В; станции строятся для данных целей постоянного тока. В комплект подвижных станций, кроме осветительных средств, входят принадлежности для зарядки аккумуляторных батарей разного назначения, в том числе и аккумуляторов переносных фонарей и установок для освещения командных пунктов.

Электрификация военно-инженерных работ идет по двум направлениям — механизация работ и их освещение.

Механизации поддаются почти все виды военно-инженерных работ — мостовые, лесозаготовительные, строительные, гидротехнические, земляные и пр. В условиях боевой деятельности освещению подлежат: а) сложные работы по укреплению оборонительной полосы — отрывка котлованов для убежищ, постройка убежищ, командных пунктов и т. д.; б) окопные работы, в) постройка и наведение мостов, г) дорожные работы, д) переправы, е) прокладка ж.-д. линии, ж) погрузочные и разгрузочные работы.

Механизация работ идет по трем линиям: электрификация, пневматические установки и приведение в действие машин-орудий непосредственно от двигателя внутреннего сгорания.

Электрификация инженерных работ получила широкое распространение еще в период империалистической войны 1914—1918 гг. в армиях западноевропейских государств, особенно в Германии. По данным W. Straus, войсковым начальникам приказывалось применять электродвигатель всюду, где это возможно. В тыловых районах действующей армии применение электромоторов было

во многих отраслях труда. Каждое войсковое хозяйство было снабжено мельницами, молотилками, круподерками, резками соломы, репы, веялками, сортировками, молочными машинами и т. п. В войсковых бойнях моторы работали на колбасных машинах, на насосах, холодильниках, вентиляторах, молотильных костях и других машинах. Моторы ставились в войсковых прачечных, типографиях и т. п. Бани, водопроводы почти все снабжались насосами, работающими от электрической энергии. Большая часть всех ремонтных мастерских (автомобильных, артиллерийских, авиационных, обозных мостовых, ж.-д., для ремонта окопов и т. п.) была снабжена моторным оборудованием. Сюда же надо отнести и маленькие передовые фронтовые мастерские, снабженные 1—2 самоточками, токарным, строгальным, сверлильным, а подчас и фрезерным станками.

Большое значение имели установки электрифицированных лесопилок в определенных областях, так как только благодаря им удалось покрыть громадную потребность в дереве как для позиционного, так и тылового строительства. Общая мощность всех электродвигателей, принимавших участие только в обработке дерева, превышала 100 тыс. л. с.

Как при постройке, так и при поддержании состояния окопов электромоторы играли весьма заметную и важную роль. Моторные бурава чрезвычайно облегчали тяжелую, опасную и напряженную работу минеров, нередко производившуюся глубоко под неприятельскими окопами. Подготовка шпуров для взрывания, открытие минных галлерей и вообще земляные работы имели хороший успех при применении небольших переносных сверлилок (буравов), питаемых постоянным однофазным или трехфазным током.

Оказались также очень практичными и небольшие дробильные машины. Нередко случалось, что разгрузочные средства не успевали убирать выкопанную землю. Земля убиралась посредством электрических лебедок и канатных подвесных дорог. Дальнейшая работа электрических моторов выражалась в вентиляции минных галлерей и убежищ, откачивании воды и нередко в подаче питьевой воды. В горных местностях для транспортирования предметов снабжения войск устраивались электрические канатные железные дороги, доводимые нередко до передовых линий. Канатная дорога оборудовалась очень просто и состояла подчас просто из лебедок, снабженных электромоторами.

Чтобы пополнить картину машинного снабжения фронта, необходимо упомянуть и о бетонных машинах, служивших при постройке убежищ и т. д. большим подспорьем в экономии рабочих рук и времени. Эти машины, как и вообще все машины, приводились в работу электромоторами.

Электрификация военно-инженерных работ предусматривает применение: а) ручного электрифицированного инструмента, б) подвижных электродвигателей и в) электродвигателей, назначенных для данного аппарата и составляющих одно с ним целое.

Особый интерес с точки зрения военно-инженерного дела представляют электрические пилы — поперечные, круглые и ленточные, электрические

долбежники, рубанки, сверлилки, отвертки, шлифовальные и точильные приборы и т. д. Вторая категория включает электрические молотки, зубила и т. п.

Осветительные установки для военно-инженерных работ должны удовлетворять: 1) общетехническим требованиям к любому освещению: а) освещение должно быть достаточно сильно для производства работ и не должно производить слепящего действия, б) освещение не должно давать резких мешающих теней, оно должно быть возможно равномерным и в) осветительная установка должна удовлетворять правилам безопасности, предписываемым охраной труда; 2) специальным тактическим требованиям, из которых важнейшими являются: а) возможно большая светомаскировка, т. е. минимальная видимость с воздуха, для того чтобы не демаскировать производящихся инженерных работ, б) быстрота развертывания и свертывания установки, в) быстрота готовности к действию, г) минимальный вес и габаритные размеры, д) отсутствие порчи материалов при повторном снятии и установке.

Выполнение всех этих требований создает дополнительные трудности как при выработке правил искусственного освещения, так и при выборе осветительной аппаратуры.

С точки зрения светомаскировки учитываются следующие соображения: 1) рациональнее применять менее мощные источники света, освещающие лишь место производства работ, имея в виду, что обнаружение происходит благодаря наличию яркостей, превышающих в достаточной для различения мере яркость окружающего пространства; 2) иметь возможность централизованного выключения всех источников света в случае налетов неприятельских самолетов; 3) применять средства маскировочной техники: а) сокрытие источников света и освещенных площадей под соответствующими масками (здесь необходимо упомянуть, что наиболее неблагоприятной является яркость источника света, например, лампы без экрана), б) постройка ложных световых ориентиров (кстати, можно напомнить, что во время мировой империалистической войны французами была сделана попытка устроить ночью «ложный Париж»), в) возможное применение светофильтров, пропускающих лучи, наиболее рассеиваемые атмосферой. Последнее обстоятельство может иметь второстепенное значение в условиях сумеречного зрения при наличии небольших яркостей, когда глаз будет плохо реагировать на цветовое различие.

Современные осветительные средства разделяются на два класса: а) прожекторы заливающего света и б) переносные светильники.

Для более равномерного освещения прожекторы устанавливаются на алюминевых мачтах высотой 6 м. Недостатки прожекторного освещения: а) демаскирующее действие, б) создание резких мешающих теней и в) неравномерность освещения.

Светотехнические характеристики улучшаются и характер освещения меняется при применении переносных светильников с арматурой типа широкоизлучателя и широкоизлучателя. В этих светильниках употребляются лампы мощностью 50—300 W. Высота светового центра до 3 м. Точный

расчет освещения производится по общеизвестным методам, например, точечным. Для глубокого ориентировочных подсчетов при освещении военно-инженерных работ можно принять, что светильники типа «Универсал» и фонарь наружного освещения при высоте подвеса в 4 м дают среднюю освещенность в 5 lm на площади в 100 м<sup>2</sup>.

Электрификация ремонтных мастерских в связи с большим количеством разнообразных технических средств, находящихся в войсках, имеет очень крупное значение. Особое значение приобретает электрическая сварка и резка металлов.

Для электрической сварки может быть использован сварочный агрегат, состоящий из генератора, смонтированного на шасси трактора или автомобиля, приводимого в действие тяговым двигателем машины.

Электрификация санитарных частей включает освещение госпиталей, эвакуационных и пр., вентиляцию помещений, применение медицинских нагревательных приборов (стерилизационные аппараты, подогрев воды, согревательные подушки, компрессы и пр.), рентгеновские установки. По подсчетам для электрификации, например, главного пункта медицинской помощи потребуется подвижная электрическая станция мощностью 10 kW, а для санитарно-эпидемического отряда — 3 kW; такого же порядка мощности станции потребуются и для других санитарных подразделений.

Электрификация средств пропаганды (кинопередвижки, походные типографии и пр.) имела место уже в период империалистической войны. В частности, в австрийской армии в течение 2 лет киносеансы полевого кино посетило 12 млн. бойцов. Потребная мощность для кинопередвижки 3 kW при напряжении до 120 V.

Для снабжения полевых войск электрической энергией существуют три возможных варианта: 1) в основном используются местные станции и линии передач высокого напряжения; обычно употребляются подвижные электрические станции; 2) в основном используются подвижные электрические станции и случайно участвуют в снабжении местные установки и 3) умело используются в тылу районные станции и высоковольтные передачи, а на передовых участках фронта и на маневре — подвижные электрические станции.

Первая система электроснабжения возможна в том случае, если территория военных действий густо насыщена электрическими станциями различного масштаба и сети этих станций сильно разветвлены и, кроме того, фронтовые условия относительно стабильны и носят явно выраженный позиционный характер. Эти условия наиболее ярко были выражены в период империалистической войны в Германии на западном фронте. Все исследователи (Rich, Straus, Весс и др.) единодушно отмечают большой размах электрификации германской армии и использование в основном энергии гражданских станций.

Второй вариант электроснабжения характеризуется разбросанностью территории военных действий, слабой электрификацией района. Такие условия характеризовали русскую царскую армию и отчасти австрийскую армию периода империалистической войны.



штабе использования: если в русской царской армии электрификация была совершенно ничтожна и случайна, то австрийская армия все-таки имела 18 электротехнических батальонов и 1000 с лишним подвижных электрических станций. Использование местных станций отмечено лишь в тех случаях, когда они находились вблизи фронта (предмостное укрепление Герц на итальянском фронте и т. д.).

Третий вид электроснабжения был свойственен в то время английской армии. Англичане гибко применяли существующие линии высокого напряжения и передвижные электроосветительные установки.

Инженерная подготовка в энергетическом отношении возможных театров военных действий требует соблюдения следующих условий:

1) род тока, напряжение и частота военных и гражданских установок должны быть одинаковы;

2) необходима стандартизация средств, употребляемых в армии и используемых в мирном строительстве промышленностью и сельским хозяйством;

3) электрические станции, линии высоковольтных передач, крупные потребители электрической энергии и другие энергетические сооружения должны состоять на специальном учете;

4) огромные потребности в электроэнергии современной армии должны быть учтены соответствующим расположением электрических станций и линий передач в районах больших инженерных оборонительных работ;

5) постройка новых станций должна предполагать наличие мер защиты от воздушных нападений.

Не останавливаясь на применении активных (артиллерия, авиация), пассивных и вспомогательных средств защиты, упомянем о специальных особенностях проектирования, маскировки и защиты электротехнических установок от артиллерийского огня, воздушных сил противника и химического нападения. Маскировка станций и линий требует: а) соответствующего выбора места станции и трассы линии; б) создания ложных построек; в) быстрого и одновременного выключения света в ночное время и г) применения установок для создания дымовых завес.

Для защиты сооружений от снарядов, бомб и газов необходимо: 1) рассчитывать соответствующее перекрытие; 2) предусматривать определенную высоту окон для укрытия от осколков и газов; 3) правильно располагать распределительный шит; 4) обеспечивать кольцевание питательных линий.

В наилучших условиях была бы подземная станция, но, разумеется, строить все установки под землей невозможно. В Англии для обслуживания Лондона спроектирована подземная электрическая станция.

Для предохранения от воздушного нападения турбинных установок немцы в 1918 г. начали разделять их одна от другой бетонными стенами. Подобное устройство было, например, сделано на сталелитейных заводах в Виллесе. Точно так же широко немцами было использовано кольцевание

электрических сетей как одно из наиболее реальных и эффективных средств защиты.

Полное использование электрических станций для военно-инженерных нужд войск предусматривает строительство новых и временных линий электропередач, а также подвижных трансформаторных подстанций. Несмотря на целый ряд недостатков, присущих высоковольтным линиям, строящимся в зоне военных действий: а) повреждаемость воздушных проводов артиллерийским огнем, б) необходимость больших работ по восстановлению разрушенных участков, в) возможность помехи службе связи, эти линии возводились во время войны 1914—1918 гг. в очень больших размерах всеми западноевропейскими армиями. Естественно, что при постройке линий приходилось делать многочисленные отклонения от общепринятых правил, но, по отзывам очевидцев, несчастных случаев и аварий было мало.

В настоящее время установились определенные типы временных полевых линий. Разработаны способы механизации постройки высоковольтных линий при помощи специальных колонн, в которые входят машины для бурения ям, краны, вышки, приспособления для размотки и смотки проводов, тележки для развозки столбов и установочных материалов, а также средства механизации заготовки материалов (электрические пилы, сверла и т. д.).

Кабельные линии имели меньшее распространение в период империалистической войны, чем воздушные передачи. Это объяснялось дефицитом изоляционных материалов и сложностью кабельных работ при высоком напряжении. Имеются, впрочем, сведения, что кабель на напряжение в 3000 и 5000 V был проложен немцами в передовой полосе на западном фронте.

В настоящее время техника кабельного дела шагнула далеко вперед, давая легкие и в то же время надежные провода.

Использование энергии местных электрических станций и линий передач требует наличия в электротехнических частях подвижных или временных и разборных трансформаторных подстанций. Мощность трансформаторных подстанций колеблется в пределах 30—100 kW. В военной практике должны найти широкое применение подвижные трансформаторные подстанции, употребляемые в сельском хозяйстве для электропахоты и электромолотбы, а также и другие конструкции, предназначенные для электрификации различных гражданских работ.

В период империалистической войны подобные подстанции нашли широкое использование при снабжении энергией войск для самых разнообразных надобностей. Вначале употреблялись подстанции нормального сельскохозяйственного типа, а затем стали строить специальные конструкции. В настоящее время подвижные подстанции строятся за границей, главным образом, для сельскохозяйственных работ (рис. 2). Специально военные трансформаторные подстанции, строившиеся немцами, отличались лишь большей проходимостью и подвижностью. Оборудование их было самое простое — разъединители, плавкие предохранители, рубильники и предохранители на низком напряжении. Мощность подстанций — 20 kW.

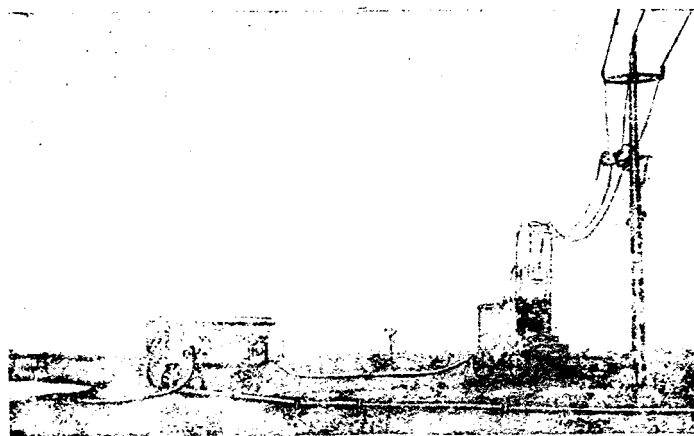


Рис. 2. Подвижная трансформаторная подстанция в работе

третьему варианту системы электроснабжения вытекает из следующих случаев их применения а) удовлетворения потребностей армии при маневренном характере войны; б) компенсации возможного перерыва централизованного питания (резерв — подвижные станции); в) использовании на территории противника, где постоянные станции будут разрушены; г) питания потребителей при разрушении местных станций в районе своих частей и в плохо электрифицированных местах.

В. Straus в своей книге «Снабжение электрической энергией на фронте для нужд германских войск в войне 1914—1918 гг.» так пишет об использовании подвижных электростанций:

«В период маневренной войны и в начале позиционной хорошо себя показали войсковые подвижные станции, снабженные имевшими большо-

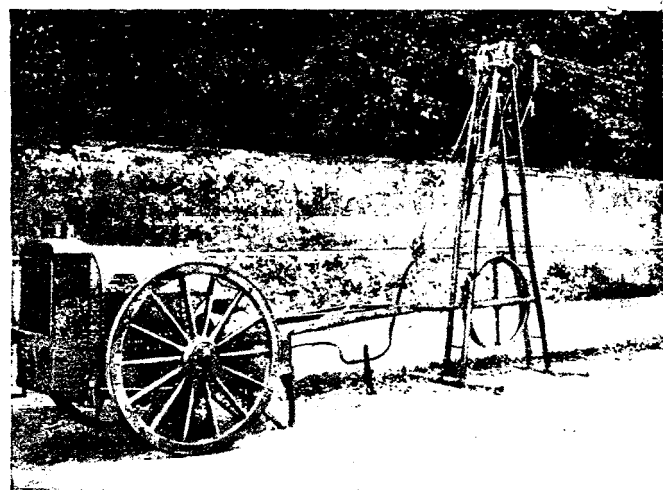
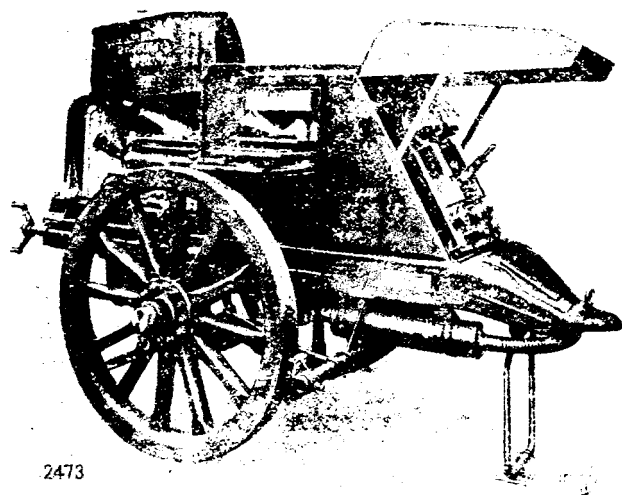


Рис. 4. Подвижная электрическая станция французской фирмы Нолле, предназначенная для электрификации дорожных работ. Мощность станции 5,5 kW

распространение специальными бензиновыми двигателями. Такие подвижные станции не только давали энергию и освещение штабов, полевых лазаретов, авиационных отрядов и т. п., но также выполняли значительную тактическую роль, отпуская энергию аккумуляторным батареям прожекторных станций, световых сигнализационных устройств, радиостанций, станций подслушивания и т. п. Иногда они также привлекались для питания подвижных ремонтных мастерских технических войск. Мощность этих станций обычно колебалась от 2 до 8 kW. В большинстве случаев вырабатывался постоянный ток напряжением в 65, 110 и 220 V».

Адиссон дает такую характеристику работы подвижных станций, которые английская армия использовала очень широко. «В начале войны подвижных установок было мало и они находились на большом расстоянии друг от друга. Первые из применявшихся станций предназначались для распределительных пунктов (для больных и раненых). Позднее, по мере увеличения их числа, их применяли для освещения различных штабов, школ военной подготовки и, наконец, для освещения в довольно значительном масштабе убежищ, при-



2473

Рис. 3. Подвижная электрическая станция конной тяги



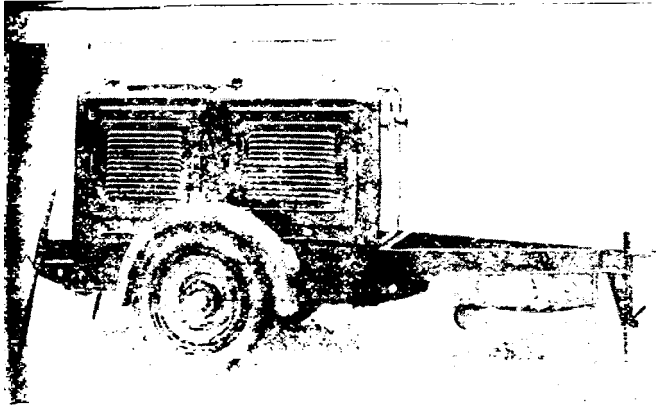


Рис. 5. Итальянская подвижная электрическая станция переменного тока фирмы Фиат

крытий и подземных путей. Обычно применялись установки мощностью в 3 или 1 kW. С продолжением войны увеличивалось число различных учреждений и требовался несколько больший комфорт, что делало необходимым значительно увеличить мощность установки».

Типы подвижных электрических станций в зависимости от назначения характеризуются данными табл. 4.

Подвижность станций и проходимость их определяется в основном транспортными характеристиками. По способу передвижения употребляются станции переносные, вьючные, конные (рис. 3), автомобильные, тракторные, ж.-д. и водные (паромы, катеры, пароходы и пр.).

В зависимости от применяемого первичного дви-

№ п/п	Наименование станции	Потребители электрической энергии
1	Зарядные	Зарядка аккумуляторов в частях связи, мото-мех., электротехнических и пр.
2	Зарядно-осветительные	Зарядка аккумуляторов как по п. 1, аккумуляторов фонарных и пр. в стрелковых частях. Освещение штабов и командных пунктов
3	Осветительные	Освещение специальных формирований, инженерных работ, аэродромов и пр.
4	Силовые	Электрификация разного рода работ при помощи электроинструмента, подвижных и специальных электродвигателей
5	Специальные	Прожекторы, маяки, электризация препятствий, сигнализация, нагрев, сварка и пр.
6	Аварийные	Замена разрушенных стационарных станций. Временные установки при крупном строительстве

гателя могут быть подвижные станции с моторами: 1) бензиновым, 2) керосиновым, 3) нефтяным. Двигатель может снабжаться газогенераторной группой. Возможно применение паровых установок, а также использование силы ветра и воды (ветросиловые и гидростанции).

Указанные кратко некоторые электротехнические средства современных армий показывают роль и значение электротехники в обороне страны.

## Расчет районных сетей с одним пунктом питания<sup>1</sup>

ON THE CALCULATION OF LARGE DISTRICT NETWORKS WITH A SINGLE FEEDING POINT

В. М. Хрущов

Харьковский электротехнический институт

**РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ** районные сети, т. е. сети, отходящие от понижающей подстанции, обычно в настоящее время, в противоположность городским сетям, имеют весьма простую конфигурацию; по большей части это два-три простые кольца, в крайнем случае обладающие еще одной связью по диаметру. Такого рода конфигурации вполне удовлетворяют основному эксплуатационному требованию 100%-ного резерва и достаточно просты, чтобы можно было обеспечить необходимую селективность отключения при авариях отдельных участков сети. В силу этого мы исключаем совершенно из нашего поля зрения сети многопетлевые, как имеющие сейчас исключительно академический интерес. Как и в городских сетях, мы должны здесь также рассмотреть две задачи: 1) определение сечений проводов; 2) определение распределения токов и напряжений в сети.

**Определение сечений проводов.** Определение сечений проводов сети нужно вести по экономической плотности тока. Расчет сечений по заданному падению напряжения, как это иногда делают, ведет к значительному удорожанию установки и поэтому неприемлем. Так как при расчете на

экономическую плотность тока получается большое падение, а следовательно, и колебание напряжения, то понижающая подстанция должна иметь регулирующие напряжение аппараты, которые, конечно, должны иметь возможность поддерживать постоянным (с определенным допуском) напряжение не в самой сети, а у потребителя. При определении величины экономической плотности тока стоимость энергии надлежит принимать на шинах пониженного напряжения подстанции. Разумеется, при окончательном выборе сечений необходимо принять во внимание условия наиболее тяжелого аварийного режима.

Нередко при определении экономической плотности тока, когда сечение провода получается превышающим предельное по условиям монтажа и когда поэтому становится необходимым строить двойную линию, может стать вопрос: не выгоднее ли несколько превысить экономически наивыгоднейшую плотность тока с тем, чтобы оставить работать одну линию? Совершенно такой же вопрос может стать, когда мы при расчете получаем несколько параллельных линий.

Пусть  $I$  обозначает ток, который передается по рассчитываемому участку сети,  $q_m$  — то максимальное сечение, которое мы можем допустить по условиям монтажа,  $L$  — длина этого участка и  $\delta_1$  — плотность тока в проводах линий. Тогда

<sup>1</sup> Настоящая статья представляет развитие доклада автора на Международной конференции по сетям высокого напряжения (Париж, 1935 г.).

расходы на эксплуатацию одного провода проектируемой трехфазной линии в предположении, что она выполняется одинарной с повышенной против экономически наимыгоднейшей плотностью тока, могут быть представлены выражением:

$$L \left( \frac{a}{3} \cdot \frac{P_{on}}{100} + b q_m \frac{P_A}{100} \right) + m_3 \frac{I}{\gamma} \delta_1 L T.$$

Здесь  $a$  и  $b$  — независимая и зависящая от сечения части стоимости 1 м провода, последняя отнесена к 1 мм<sup>2</sup>,  $P_{on}$  и  $P_A$  — сумма процентов на капитал, амортизацию и ремонт для независимой и зависящей от сечения частей стоимости линии,  $m_3$  — стоимость одного ватт-часа энергии,  $\gamma$  — удельная проводимость материала провода,  $T$  — коэффициент потерь в часах. Очевидно, что плотность тока в проводах одинарной линии будет выгодно повышать лишь до тех пор, пока расходы по эксплуатации этой линии не сравняются с минимальными расходами по эксплуатации двойной линии (работающей с экономической плотностью тока), т. е.:

$$L \left( \frac{a}{3} \cdot \frac{P_{on}}{100} + b q_m \frac{P_A}{100} \right) + m_3 \frac{I}{\gamma} \delta_1 L T = \\ = L \left( \frac{2a}{3} \cdot \frac{P_{on}}{100} + b \frac{I}{\delta_n} \cdot \frac{P_A}{100} \right) + m_3 \frac{I}{\gamma} \delta_n L T.$$

Так как

$$I = q_m \delta_1 \text{ и } b \cdot \frac{I}{\delta_n} \cdot \frac{P_A}{100} = m_3 \frac{I}{\gamma} \cdot \delta_n \cdot T,$$

то из последнего выражения мы получаем:

$$\frac{m_3}{\gamma} T q_m (\delta_1^2 - 2 \delta_1 \delta_n) = \frac{a}{3} \frac{P_{on}}{100} - b q_m \frac{P_A}{100}$$

и

$$\delta_1 = \delta_n + \sqrt{\delta_n^2 + \frac{\gamma}{m_3 T} \left( \frac{a}{3} \cdot \frac{P_{on}}{100} - b \frac{P_A}{100} \right)} = \\ = \delta_n + \sqrt{\frac{\gamma a P_{on}}{300 q_m m_3 T}}. \quad (1)$$

Пример. Дано:

$b = 0,021$  руб/м, мм<sup>2</sup>,  $a = 4,2$  руб/м,  $\gamma = 57$ ,  $P_A = 12$ ,  $P_{on} = 18$   
 $m_3 = 0,022 \cdot 10^8$  руб/квт-ч,  $T = 2550$  ч,  $q_m = 120$  мм<sup>2</sup>.

Экономическая наимыгоднейшая плотность тока

$$\delta_n = \sqrt{\frac{57 \cdot 0,021 \cdot 18}{100 \cdot 0,022 \cdot 10^8 \cdot 2550}} = 1,6 \text{ А/мм}^2.$$

Плотность тока, до которой выгодно подняться в одинарной линии, не прибегая еще к постановке параллельно второй:

$$\delta_1 = 1,6 + \sqrt{\frac{57 \cdot 4,2 \cdot 18}{300 \cdot 120 \cdot 0,022 \cdot 10^8 \cdot 2550}} = 3,066 \text{ А/мм}^2.$$

Мы видим, следовательно, что в силу необходимости значительных добавочных капиталовложений на опоры и изоляцию второй линии постройка ее экономически себя не оправдывает ни при сечении проводов ее в  $2 \times 70$  мм<sup>2</sup>, ни даже в  $2 \times 95$  мм<sup>2</sup>.

Следует, однако, отметить, что при выборе сечений проводов районной сети все же нередко приходится принимать сечения в  $2 \times 95$  мм<sup>2</sup> и даже в  $2 \times 70$  мм<sup>2</sup> из-за соображений, связанных с аварийными режимами и вопросом регулирования напряжения.

В том случае, когда поставлен вопрос о том, что является более выгодным: принять ли более высокую плотность тока в  $n$  линиях или добавить параллельно еще одну линию, можно, пользуясь аналогичными рассуждениями, показать, что та плотность тока, до которой выгодно подняться, не ставя еще одну линию, определяется выражением:

$$\delta = \delta_n + \sqrt{\frac{\gamma \cdot a P_{on}}{300 \cdot n q_m m_3 T}}. \quad (1a)$$

\* Условие для определения экономически наимыгоднейшей плотности тока  $\delta_n$ .

До сих пор, по существу, у нас шла речь об определении сечений открытых проводов. Переходя теперь к вопросу об установлении сечений в районных сетях с замкнутыми конфигурациями, мы должны в соответствии со сказанным автором в его книге «Электрические сети и линии», ч. 1 (стр. 51, 52) признать, что наиболее правильным путем решения задачи и в районных сетях будет расчет их под углом зрения питания каждого потребителя по наикратчайшему пути. Для этой цели, как и в местных сетях, мы должны все замкнутые контуры сети поделить пополам по отношению к питающей сети подстанции. Получившиеся в результате разреза открытые провода надлежит рассчитывать согласно изложенному выше на экономическую плотность тока и полученные теоретические сечения округлить до нормальных, считаясь не только с нормальным режимом работы сети, но с наиболее тяжелыми аварийными.

Необходимо сказать несколько слов об определении величин расчетных токов в районных сетях. Нагрузка потребителей, присоединенных к районной сети, дается в киловаттах, и для определения величин расчетных токов нужно знать, очевидно, напряжение у данного потребителя. Последнее, однако, можно будет установить лишь после того, как будет выполнен расчет сети. Единственный выход из этого запутанного положения — задаться определенными падениями напряжения на отдельных участках линии и на основе этих падений вычислить напряжения, а по ним и токи отдельных потребителей. После установления сечений сети еще до смыкания разрезом, нужно уточнить величины напряжения и токи потребителей.

Определение распределения токов и напряжений в сети. После установления сечений проводов и уточнения величин нагрузок необходимо определить распределение токов и напряжений в сети, возможно сильно отличающихся от принятой при расчете проводов, так как сечения проводов рассчитываются на экономическую плотность тока, а не на падение напряжения. Определение распределения токов автор рекомендует вести на основе предложенного им метода уравнильных токов<sup>3</sup>, который здесь, однако, получает специфические особенности в силу того, что в районных сетях помимо омического, играет очень большую роль и индуктивное сопротивление проводов.

Предполагая у читателя знакомство с указанным методом автор здесь приводит выводы основных выражений в сжатом виде.

Рассмотрим, как это сделано в названной книге автора замкнутый провод (рис. 1) с различными сечениями на отдельных участках и разрежем его мысленно в какой-либо точке  $c$ . Тогда в линиях  $Ic$  и  $IIc$  будут иметь место частные падения напряжения  $\Delta u_{Ic}$  и  $\Delta u_{IIc}$ , выражения которых здесь получают вид:

$$\Delta u_{Ic} = (I_1 \cos \varphi_1 - j I_1 \sin \varphi_1) (R_1 + j X_1) + \\ + (I_3 \cos \varphi_3 - j I_3 \sin \varphi_3) (R_3 + j X_3) + \dots \quad (2) \\ \Delta u_{IIc} = (I_2 \cos \varphi_2 - j I_2 \sin \varphi_2) (R_2 + j X_2) + \\ + (I_4 \cos \varphi_4 - j I_4 \sin \varphi_4) (R_4 + j X_4),$$

где  $I$ ,  $R$ ,  $X$  с соответствующими значками обозначают токи омическое и индуктивное сопротивления на отдельных участках линии, а  $\cos \varphi$  и  $\sin \varphi$  — косинус и синус угла сдвига фаз токов этих участков по отношению к вектору наименьшего напряжения сети.

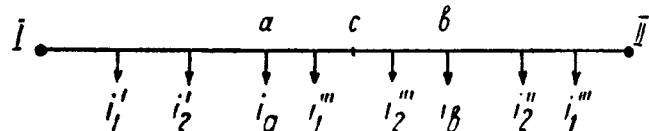


Рис. 1

При смыкании провода в точке разреза  $c$  в линии возникнет уравнильный ток, а частные падения напряжения  $\Delta u_{Ic}$  и  $\Delta u_{IIc}$  перейдут в фактическое падение напряжения  $\Delta u$ . Величина этого уравнильного тока может быть представлена выражениями:

$$i_{up} = \frac{(\Delta u_{Ic} - \Delta u_{IIc})}{(R_1 + j X_1) + (R_2 + j X_2) + (R_3 + j X_3) + \dots} \quad (3)$$

\* См. книгу автора «Электрические сети и линии», ч. 1, § 18 и далее.

$$I_{yp} = \frac{\Delta u_c - \Delta u_{IIc}}{R_1 + jX_1 + R_3 + jX_3 + \dots} = \frac{\Delta u_c - \Delta u_{IIc}}{R_2 + jX_2 + R_4 + jX_4 + \dots} \quad (4)$$

Как показывают последние выражения, уравнильный ток в данном случае, естественно, получает комплексную форму.

Если точку разреза  $c$  поместить в один из питательных пунктов линии, допустим, II, то мы получаем выражение для тока, который будет посылать этот пункт в линию:

$$I_{II} = \frac{\Delta u_{II-II}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + j(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots)} \quad (5)$$

Рассмотрим теперь узел  $a$ , в котором сходятся несколько линий. Подставляя в выражение  $\sum i_y = 0$ , написанное для узла, значения уравнильных токов из выражения (4), будем иметь:

$$\frac{\Delta u_a - \Delta u_{I-a}}{R_1 + jX_1} + \frac{\Delta u_a - \Delta u_{II-a}}{R_2 + jX_2} + \frac{\Delta u_a - \Delta u_{III-a}}{R_3 + jX_3} + \frac{\Delta u_a - \Delta u_{IV-a}}{R_4 + jX_4} + \dots = 0;$$

$$\Delta u_a = \frac{\Delta u_{Ia}(g_1 - jb_1) + (\Delta u_{II-a} - \Delta u_{ab})(g_2 - jb_2) + (\Delta u_{III-a} - \Delta u_{ac})(g_3 - jb_3) + \dots}{g_1 + g_2 + g_3 + \dots - j(b_1 + b_2 + b_3 + \dots)} \quad (7)$$

По определенному из выражений (6) или (7) для падения напряжения в узле мы находим уравнильные токи из (4) и накладываем их на основное распределение токов.

Пример 1. Дано кольцо распределительной районной сети (рис. 2) с напряжением в 6 кВ, требуется рассчитать его при условии, что экономически невыгоднейшая плотность тока равна 1,6 А/мм<sup>2</sup>, а коэффициент мощности всех нагрузок равен 0,7. Нагрузки на рис. 2 даны в кВА, длины участков в км.

Режем наше кольцо пополам в точке  $c$  и определяем сечения проводов отдельных участков; для этой цели мы прежде всего должны задаться напряжениями в точках  $a, b, d, e$ . Примем падение напряжения на участках  $Aa$  и  $Ae$  в 3%, а на участках  $ab$  и  $ed$  в 4%, тогда нагрузки в пунктах  $a, b, d, e$  равны:

$$i_a = \frac{1900}{\sqrt{3 \cdot 0,97 \cdot 6}} = 188,4 \text{ А},$$

$$i_b = \frac{1280}{\sqrt{3 \cdot 0,93 \cdot 6}} = 132,4 \text{ А},$$

$$i_d = \frac{990}{\sqrt{3 \cdot 0,93 \cdot 6}} = 102,6 \text{ А},$$

$$i_e = \frac{1290}{\sqrt{3 \cdot 0,97 \cdot 6}} = 128 \text{ А}.$$

В силу этого сечения проводов отдельных участков будут:

$$q_{A-a} = \frac{188,4 + 132,4}{1,6} \approx 200,5 \approx 2 \cdot 95 \text{ мм}^2,$$

$$q_{a-b} = \frac{132,4}{1,6} = 82,7 \approx 70 \text{ мм}^2,$$

$$q_{A-e} = \frac{123 + 102,6}{1,6} = 144,2 \approx 2 \cdot 70 \text{ мм}^2,$$

$$q_{e-d} = \frac{102,6}{1,6} = 65,3 \approx 70 \text{ мм}^2.$$

В противоречие сказанному выше мы в начальных линиях кольца  $Aa$  и  $Ae$  выбрали двойные сечения, хотя это экономически и невыгодно. Причина этого лежит в том, что если бы мы остановились на одинарных линиях, то при аварии на этих начальных участках падение напряжения при питании кольца с одной стороны достигало бы 30% и лишним. Сечение линии в  $d$  мы из условий аварийного режима берем равным 50 мм<sup>2</sup>.

Из этого выражения:

$$\Delta u_a = \frac{\frac{\Delta u_{Ia}}{R_1 + jX_1} + \frac{\Delta u_{II-a}}{R_2 + jX_2} + \frac{\Delta u_{III-a}}{R_3 + jX_3} + \dots}{\frac{1}{R_1 + jX_1} + \frac{1}{R_2 + jX_2} + \frac{1}{R_3 + jX_3} + \dots} = \frac{\Delta u_{Ia}(g_1 - jb_1) + \Delta u_{II-a}(g_2 - jb_2) + \Delta u_{III-a}(g_3 - jb_3) + \dots}{g_1 + g_2 + g_3 + \dots - j(b_1 + b_2 + b_3 + \dots)}, \quad (6)$$

где

$$g_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2},$$

$$g_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2}, \dots$$

представляют активные проводимости отдельные линии, а  $b_1 = \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2}$ ,  $b_2 = \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2}$  ... реактивные проводимости последних.

В том случае, когда узел  $a$  расположен ближе к одному из питательных пунктов и разрезе отдельных линий, следовательно, отстоит на значительном расстоянии от узла, то, применив ход рассуждений, аналогичный приведенному в § 25 книги автора, мы сможем получить для падения напряжения в узле  $a$  выражение:

После установления сечений сети были подсчитаны частные падения напряжения  $\Delta u_{Abc}$  и  $\Delta u_{Ade}$ , причем оказалось, что среднее арифметическое из частных падений напряжений составляет приблизительно 80% от напряжения сети. Для уточнения токов нагрузок сети, исходя из среднего арифметического от величин  $\Delta u_{Abc}$  и  $\Delta u_{Ade}$ , были подсчитаны фазовые напряжения в точках  $a, b, d, e$  кольца:

$$U_a = 3328, U_b = 3176, U_d = 3182, U_e = 3297 \text{ В},$$

на основе которых были найдены уточненные величины токов нагрузок, показанные на рис. 2.

Переходим к установлению окончательного распределения токов в сети.

Разрезаем кольцо в точке  $c$ . Тогда получаются следующие токи по участкам кольца:

$$I_{Aa} = 190,7 + 134,1 = 324,8 \text{ А},$$

$$I_{ab} = 134,1 \text{ А},$$

$$I_{ed} = 103,4 \text{ А},$$

$$I_{Ae} = 130,3 + 103,4 = 233,7 \text{ А}.$$

Импеданцы воздушных линий получатся:

$$\text{сечение } 3 \times 95 \text{ мм}^2 - (0,183 + j0,346) \Omega/\text{км}$$

$$\text{сечение } 3 \times 70 \text{ мм}^2 - (0,249 + j0,354) \Omega/\text{км}.$$

Для всех нагрузок принимаем  $\cos \varphi = 0,7$ , тогда частные падения напряжений для обеих половин кольца получат следующие значения:

$$\begin{aligned} \Delta u_{Abc} &= 324,8 \cdot \frac{2,4}{2} (0,183 + j0,346) \cdot (0,7 - j0,713) + \\ &+ 134,1 \cdot 2,8 \cdot (0,249 + j0,354) \cdot (0,7 - j0,713) = 355,5 + j70,0; \\ \Delta u_{Ade} &= 233,7 \cdot \frac{3,2}{2} (0,249 + j0,354) (0,7 - j0,713) + \\ &+ 103,4 \cdot 2,5 \cdot (0,249 + j0,354) (0,7 - j0,713) = 270,1 + j14,55. \end{aligned}$$

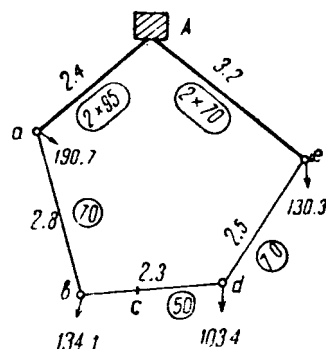


Рис. 2

При вычислении частных падений напряжения нами не принято во внимание изменение угла сдвига фаз между напряжением в данном пункте и током, получающееся в силу наличия составляющей по оси мнимых величин в векторе падения напряжения. Последние настолько невелики (например, 70 В по сравнению с 3176 В), что, конечно,  $\cos \varphi$  можно совершенно спокойно принять равным везде 0,7. При малых углах сдвига фаз поправка и на этот дополнительный сдвиг фаз может быть сделана до установления окончательных величин частных падений без большого труда.

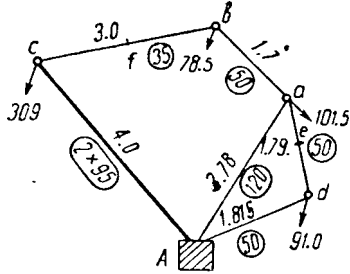


Рис. 3

Вычислим импеданс всего кольца:

$$Z_{\text{к.л.}} = \frac{2,4}{2} (0,183 + j0,346) + \\ + \left( \frac{3,2}{2} + 2,5 + 2,8 \right) (0,249 + j0,354) + \\ + 2,3 (0,348 + j0,366) = 2,738 + j3,697.$$

Уравнительный ток в кольце при смыкании его в точке с:

$$i_{yp} = \frac{306,5 + j70,0 - 270,1 - j44,55}{2,738 + j3,697} = 9,14 - j3,08.$$

Таким образом токи, которые будет посылать подстанция в кольцо с одной и другой его стороны, равны:

$$I_{abc} = 324,8 (0,7 - j0,713) - 9,1 + j3,1 = 217,9 - j228,5, \\ I_{adc} = 233,7 (0,7 - j0,713) + 9,1 - j3,1 = 173,1 - j169,4.$$

Максимальное падение напряжения в сети:

$$\Delta u_b = 306,5 + 70 - (9,1 - j3,1) \left\{ \frac{2,4}{2} (0,183 + j0,346) + \right. \\ \left. + 2,8 (0,249 + j0,354) \right\} = 291,3 + j60.$$

Данный пример можно решить и другим путем, если воспользоваться выражением (7). Вычислим частное падение напряжения вдоль всей линии в предположении, что кольцо разрезано у подстанции слева:

$$\Delta u_{Abde} = 558,6 \cdot 1,2 (0,183 + j0,346) (0,7 - j0,713) + \\ + 367,8 \cdot 2,8 (0,249 + j0,354) (0,7 - j0,713) + \\ + 233,7 \cdot 2,3 (0,348 + j0,366) (0,7 - j0,713) + \\ + 130,3 \cdot 2,5 (0,249 + j0,354) (0,7 - j0,713) = 1100,4 + j174,1.$$

Ток, который будет посылать подстанция с левой его стороны:

$$I_{Aed} = \frac{(1100,4 + j174,1)}{2,738 + j3,697} = 172,8 - j68,8.$$

Пример 2. Рассчитать сеть рис. 3 при условии, что экономическая плотность тока равна  $1,6 \text{ А мм}^2$ ,  $\cos \varphi = 0,7$  и напряжение сети равно 6 кВ. Нагрузки, показанные на рис. 3, являются результатом предварительных подсчетов.

Деля пополам замкнутые контуры  $Aada$  и  $Acba$ , получаем точки  $e$  и  $f$ ; в силу этого наша сеть распадается на открытые линии  $Ad$ ,  $Aab$  и  $Ac$ . Рассчитывая эти линии, получаем сечения, показанные в кружках на чертеже.

Вычисляем частные падения напряжения:

$$\Delta u_{Ac} = 309 \cdot \frac{4,0}{2} (0,3749 + j0,1118) = 232,0 + j69,1;$$

$$\Delta u_{Aa} = 180 \cdot 2,78 (0,3424 + j0,1333) = 171,2 + j66,6;$$

$$\Delta u_{Ad} = 91 \cdot 1,815 (0,5048 + j0,0082) = 83,4 + j13,5$$

и участков

$$\Delta u_{ab} = 78,5 \cdot 1,7 (0,5048 + j0,0082) = 67,45 + j1,1.$$

Импедансы отдельных линий, сходящихся в узле  $a$ , будут

$$Z_{Acba} = \frac{4,0}{2} (0,183 + j0,346) + 3 (0,498 + j0,378) + \\ + 1,7 (0,348 + j0,366) = 2,168 + j2,102$$

$$Z_{Aa} = 2,78 (0,145 + j0,338) = 0,403 + j0,947;$$

$$Z_{Ada} = (1,815 + 1,79) (0,348 + j0,366) = 1,22 + j1,283.$$

Соответствующие проводимости определяются:

$$g_{Acba} = 0,238, \quad b_{Acba} = 0,2307, \quad g_{Aa} = 0,386;$$

$$b_{Aa} = 0,898, \quad g_{Ada} = 0,3892, \quad b_{Ada} = 0,409.$$

Рассматривая узел  $a$  как узел с тремя сходящимися линиями, причем одна значительно длиннее двух других, мы получаем величину фактического падения напряжения в узле  $a$  из выражения (7):

$$\Delta U_a = 147 + j41,9.$$

Отсюда уравнительные токи:

$$i_{yAcba} = (147 + j41,9 - 164,5 - j68,0) \cdot (0,238 - j0,2307) = \\ = -10,2 - j2,2;$$

$$i_{yAa} = (147 + j41,9 - 171,2 - j66,6) \cdot (0,386 - j0,898) = \\ = -31,5 + j12,2;$$

$$i_{yAda} = (147 + j41,9 - 83,4 - j1,30) \cdot (0,3892 - j0,403) = \\ = 41,4 - j10,2.$$

В тех случаях, когда распределительная сеть не представляет собой одного простого кольца, а обладает более сложной конфигурацией, лучше всего вести решение задачи путем постепенного смыкания отдельных замкнутых контуров, находя уравнительный ток, возникающий в этом контуре, и заменяя затем этот контур эквивалентным по импедансу простым подводом. Прodelывая постепенно эту операцию над всей сетью, мы получим систему уравнительных токов, накладывающихся друг на друга на всех участках сети. Наложение этой системы на основное распределение токов дает окончательное решение задачи.

# Стабильность жидких диэлектриков в электрическом поле

## STABILITY OF LIQUID DIELECTRICS IN THE ELECTRICAL FIELD

Г. Я. Смышляев и Н. Махов

ВЭИ

**В** ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ практике уже давно было замечено, что, кроме полного пробоя изоляции, немедленно выводящего установку из строя, может существовать так называемый тихий разряд, действие которого не столь быстро и явно, но имеет весьма вредные последствия для изоляции. Они выражаются в быстром старении материала, т. е. в ухудшении его электрических свойств (потери, проводимость, пробой), быстро переходящем за грань, после которой свойства материала не восстанавливаются даже от длительного отдыха.

Вредное влияние такого разряда, если он даже не достиг интенсивности видимой короны, было отмечено еще в 1921 г. в Германии [5] и в 1923 г. в США [6]. В 1923 г. в Англии было опубликовано обширное исследование [7] по вопросу об ионизации в кабеле, автор которого отмечает: «На сегодня вполне ясно, что такие вопросы, как связь между диэлектрическими потерями и абсорбцией, проводимостью постоянного тока и т. д., как они не интересны с академической точки зрения, представляют второстепенную важность по их действию на устойчивость современного высоковольтного кабеля. Ионизация есть корень всех важнейших процессов в кабеле, включая пробой. Наиболее многообещающая линия лежит в изучении зависимости пробивного напряжения кабеля от времени».

В настоящее время различаются следующие стадии разряда:

1. Темный разряд, не сопровождающийся видимыми световыми явлениями, но обнаруживаемый по нарушению закона пропорциональности потерь квадрату наложенного напряжения или по излому вольтамперной кривой.

2. Тлеющий разряд — видимый слабый разряд, сосредоточенный у поверхности электрода.

3. Кистевой разряд, сопровождающийся интенсивным свечением в виде сферы или отдельных полос, заполняющих значительную часть зазора между электродами.

4. Пробой — скачкообразное нарушение изоляционной функции материала.

Наиболее изучена последняя стадия разряда — пробой диэлектрика, которому посвящено подавляющее число опубликованных работ. Исследований по предварительным этапам разряда существует небольшое число и большинство их имеет своим объектом разряд в газах. В отношении жидких диэлектриков опубликованы десятки полтора исследований, результаты которых отчасти противоречивы и полной картины не дают. Более того, «до сих пор остается сомнительным, действительно ли может иметь место эффект

короны в жидкости» [8]. В последнее время, однако, исследователи, например, Никурадзе [9], Вальтер [1] и др. склоняются к мысли, что корона может возникнуть и в чисто жидкой фазе.

Характер нашего исследования требовал применения таких электродов, которые обеспечили бы возникновение короны при напряжении, значительно меньшем пробивного. Поэтому были использованы острие против плоскости и одно- и двухслойный цилиндрический разрядники. Для создания давления в разряднике без помощи газов был разработан следующий прием: к разряднику припаивалась трубка длиной около метра с шаровым баллоном. Пары кипящего в баллоне масла создавали необходимое давление от  $1 \cdot 10^{-5}$  mm Hg до нормального атмосферного, которое передавалось по трубке, заполненной маслом, в разрядник. Вследствие большой длины и малого сечения трубки масло в разряднике в течение эксперимента имело постоянную температуру. Для получения чистого масла применялась двойная перегонка технически чистого масла под высоким вакуумом до  $1 \cdot 10^{-5}$  mm Hg. Масло, залитое в колбу, многократным нагреванием до  $100^\circ$ , обезживалось и дегазировалось, а затем начиналась перегонка. Потом дегазировались стенки разрядника при температуре  $400^\circ$  в том же высоком вакууме. Нить цилиндрического разрядника прокаливалась током до красного каления. Когда разрядник наполнялся достаточным количеством чистого масла, он немедленно отпаивался. Для насыщения масла сухим газом употреблялся азот из бомбы, который пропусклся через очистную систему, задерживающую влагу, кислород и углекислоту. Все визуальные наблюдения производились в черной, полностью затемненной комнате одним и тем же человеком, с предварительной темновой адаптацией глаза.

Для регистрации применялся также чувствительный гальванометр.

В течение последних 30 лет многие авторы (Муди и Фациоли, Пик, Уайтхед и др.) отмечали, что корона в изоляционном масле не так устойчива и постоянна, как в воздухе. По их сообщениям, она возникает внезапно и распространяется на значительное расстояние от электрода. Большое количество наших наблюдений подтвердило эти сообщения. Корона в масле, содержащем сухой чистый азот, в пределах от нормального до  $0,1$  mm Hg характеризуется следующими свойствами: она возникает короткими, довольно яркими вспышками порядка очень небольших долей секунды, вспышки повторяются через не вполне постоянные промежутки времени. Эти вспышки у анода и при переменном

токе имеют преимущественно зеленоватые, а у катода голубовато-фиолетовые тона. С ростом напряжения промежутки времени между вспышками уменьшаются с 2—3 мин. (при возникновении короны) до нескольких секунд (перед пробоем).

Одновременно возрастает поперечник короны. Она имеет у острия форму сферы малого диаметра, а при большем напряжении, увеличиваясь, иногда дробится на прямые или серпообразные ленты. Возникновение короны сопровождается резким, хорошо слышимым щелчком металлического тона, возникающим вследствие внезапного удара масла о плоский электрод или стекло разрядника, а также с выделением небольшого количества газов. Было замечено, что корона возникает особенно легко в момент изменения величины наложенного напряжения. Все эти явления происходят более интенсивно и четко, к тому же при меньшем напряжении, у острия-анода.

Повторное возникновение короны при более низком напряжении можно объяснить влиянием первой вспышки на электрические свойства масла. Краго [6] сообщает, что эти свойства меняются в значительном объеме масла (до одного фута от острия): сопротивление падает в десятки раз, а пробивное напряжение уменьшается на 20%, причем для этого достаточно нескольких минут действия высокого напряжения. Для восстановления электрических свойств масла требуется его отдых от 5 до 20 мин. Повидимому, в масле остаются носители зарядов, скорость диффузии и рекомбинации которых мала вследствие значительной вязкости и большого молекулярного веса жидкости. Они и облегчают повторное возникновение короны. Пробои же могут эти продукты устранить и дегазировать острие, что делает вспышки более редкими, как это нами и наблюдалось.

Из вышеописанного складывается впечатление, что возникновение короны в масле, содержащем газ, происходит вследствие образования у острия газового объема, достаточного по своим размерам для развития ионизации. Возможно, что это происходит путем объединения нескольких мельчайших пузырьков газа, находящегося в масле и в электроде, или расширения объема одного пузырька, в котором газ находится под значительным давлением, или посредством того и другого вместе. Внезапное возникновение пузырька обуславливает толчок масла и видимую вспышку. Вследствие действия поля большой напряженности, ионизация в этом объеме весьма интенсивна и сопровождается дополнительным выделением газообразных продуктов за счет разложения масла. При этом происходит перераспределение напряжения в зазоре, вследствие чего напряженность в жидкой фазе увеличивается и может вести к ее глубинной ионизации. Образованный газовый пузырь механическим движением масла быстро из зазора выбрасывается, что сопровождается потуханием короны. Таким образом можно предполагать, что корона в масле недегазированном возникает и существует в основном в газовых пузырьках и лишь частично в жидкости. Это предположение о газовой природе короны в масле, содержащем газ, подтверждается явно выраженной зависимостью коронного напряжения от да-

вления при любом виде тока и знаке острия. Коронное напряжение имеет наименьшее значение для анода.

Этот факт наблюдался и другими исследователями как для масла, так и для лихтенберговых фигур под маслом. Торияма [11], кроме того, нашел, что при одном и том же напряжении радиус положительной короны в полтора раза больше радиуса отрицательной.

Из наших экспериментов можно установить, что для короны газового происхождения имеется тесная связь ее с пробивным напряжением: острие-анод имеет также и меньшее пробивное напряжение.

Кроме того, для острия против плоскости было найдено (10), что:

$$U_{np} = al,$$

где  $l$  — расстояние между электродами,  $U_{np}$  — пробивное напряжение. При этом для анода коэффициент  $a$  меньше, чем для катода, т. е. прочность масла с увеличением расстояния между электродами возрастает меньше, если острие положительное. Роль анодного участка в пробое технически чистого масла и его связь с газами, содержащимися в масле, ранее была уже достаточно детально показана [4]. Если применять постоянный сглаженный ток, то возникновение короны требует большего напряжения, чем при употреблении пульсирующего постоянного тока. Можно предполагать, что причина этого заключается в более легком выделении газа из металла и из масла при толчкообразном токе высокого напряжения. Эта же причина объясняет легкое возникновение короны при изменении напряжения, которое может сопровождаться перенапряжениями в трансформаторе.

Переменный ток технической частоты создает корону при напряжении, равном или даже меньшем напряжения короны на аноде. Для возникновения короны, видимой глазом, имеет большое значение суммарная сила тока, текущего через разрядник. Так как цилиндрический разрядник обладает большей емкостью, чем острие против плоскости, то для него и были получены самые низкие значения коронного напряжения при переменном токе по сравнению с постоянным. Эта связь наблюдается и при постоянном токе. Наши измерения с цилиндрическим разрядником показали, что для масла, содержащего сухой азот, ток является логарифмической функцией напряжения:

$$I = Ae^{kU}.$$

Ток  $I$ , если внутренний электрод служит анодом, больше и возрастает с напряжением более интенсивно ( $k$  больше для анода).

Влияние следов воды механизма короны не меняло, но значительно облегчало ее возникновение. В совершенно сухом масле, если радиус острия 0,15 мм, коронное напряжение совпадало с пробивным при расстоянии его от плоскости в 2 см и меньше, тогда как в присутствии следов воды корону можно было получить на любом расстоянии между электродами.

Интересен вопрос о градиенте короны: для цилиндрического разрядника он может быть вычислен по обычной формуле, если считать, что распределение поля аномалии не имеет. Подсчет

показывает, что для переменного тока напряженность короны колеблется около  $1 \cdot 10^6$  В/см, а для постоянного —  $1,7 \cdot 10^6$  В/см. Столь значительные величины связаны с крайней неравномерностью электрического поля вследствие малого радиуса (0,15 мм) внутреннего электрода. Пик показал, что коронная напряженность подчиняется тому же закону, что и для воздуха:

$$E_{кор} = A + \frac{B}{r},$$

а исследования ERA это подтвердили как в отношении цилиндров, так и для цилиндров против плоскости. По работам Вальтера [1] для равномерного поля эта величина должна быть значительно меньшей: от  $1,25 \cdot 10^3$  до  $3 \cdot 10^5$  В/см.

Все вышеописанные особенности короны в масле начинают изменяться, если оно теряет поглощенный им газ. При вакууме 0,05 мм Hg появляются новые свойства короны и отчасти сохраняются прежние.

В чистом обезгаженном масле, перегнанном под хорошим ( $1 \cdot 10^{-3}$ — $1 \cdot 10^{-5}$  мм Hg) вакуумом, корона возникает у острия лишь в том случае, если острие является катодом. Это свечение имеет малую интенсивность и возникает лишь при 40 кВ, если острие ( $r = 0,0075$  см) находится на расстоянии 8 мм от плоскости. Корона имеет белесоватоголубой цвет и не меняется при данном напряжении ни по объему ни по интенсивности. Повышение напряжения до 120 кВ лишь интенсифицирует свечение, не вызывая большого увеличения его объема. Пробоя для острия-катода в этих условиях ни разу добиться не удалось. Если острие было анодом или на зазор накладывался переменный ток, то во всех случаях без исключения возникновение короны совпадало с пробоем, происходившим для описанного разрядника при 40 кВ. Кроме того, при острие или нити-аноде часто происходили внезапные сильные взрывы разрядников. Градиент видимой короны в чистом масле велик. В однослойном цилиндрическом разряднике корону для крайне чистого масла наблюдать не удалось при постоянном токе до  $3,7 \cdot 10^6$  В/см. Для переменного же тока коронная напряженность в этом масле равна лишь  $1,2 \cdot 10^6$  В/см, что может объясняться влиянием емкостной составляющей тока. Уместно отметить, что в обезгаженном чистом масле большие токи дает острие-катод, что было и ранее замечено Эдлером и др.

Коронные явления и пробой в чистом масле с газовой фазой не связаны, что подтверждается их независимостью от давления и температуры. Если емкостный ток по условиям конструкции не может составить значительной величины, то они не зависят и от вида тока (переменный, постоянный, пульсирующий). Нужно отметить хорошую воспроизводимость катодной короны и 20%-ный разброс пробивных значений для анода.

Итак, для появления видимой короны в жидкости существенны два условия: достаточная напряженность поля и достаточная величина тока, текущего через зазор. Поскольку жидкость практически не сжимаема и ее объем

с температурой мало меняется, роль давления и температуры не заметна. Характер тока и конфигурация электродов имеют лишь посредствующее значение в той мере, в какой они определяют напряженность и силу тока. Катодная корона, повидимому, имеет электронное происхождение, так как ее напряженность совпадает с напряженностью для выхода электронов из холодного металла в глубоком вакууме.

Дальнейшее повышение напряжения фактически градиента у острия не увеличивает, так как корона, обладая проводимостью, его затупляет, хотя и уменьшает несколько величину зазора. Электронная бомбардировка достаточно интенсивна, чтобы вызвать интенсивное свечение, но причина свечения в жидкости, повидимому, иная, чем в газах, так как расстояние между молекулами жидкости очень мало. Скорее всего, оно вызывается молекулярными колебаниями, тем более, что вследствие теплового движения некоторые молекулы уже могут быть возбуждены. Однако эта же бомбардировка недостаточно интенсивна, чтобы расщепить молекулы в массовом количестве и выделить газообразные продукты, поэтому пробоя масла не происходит, несмотря на трехкратное увеличение коронного напряжения.

Иной процесс происходит у анода: не исключена возможность непосредственного действия поля на жидкость, хотя напряженность, для этого требующаяся, по подсчетам должна составлять  $3$ — $5 \cdot 10^7$  В/см. Она может быть создана анодным падением [4].

Выводы 1. Корона в масле, содержащем газ, имеет газовую природу. Она возникает короткими вспышками, зависит от давления, температуры, вида и силы тока.

2. Корона в таком масле возникает и развивается, главным образом, в газовой фазе, сопровождаясь разложением масла (необратимый процесс). За счет образующихся продуктов объем газа быстро увеличивается, что вызывает пробой. Поэтому в таком масле пробивное напряжение непосредственно связано с короной.

3. Все коронные явления в этом масле происходят более интенсивно и притом при меньшем напряжении у анода. При переменном токе они определяются анодным процессом.

4. Корона может существовать в жидкой фазе в виде устойчивого катодного свечения слабой интенсивности, но с хорошей воспроизводимостью. Она зависит только от напряжения и силы тока.

5. Катодная корона в жидкой фазе меняет электрические свойства масла, но не вызывает разложения его и выделения газов, вследствие чего она не приводит к пробоем масла, несмотря на большое значение напряженности поля.

6. Напряжение анодной короны в чистом масле совпадает с пробивным и по величине равно напряжению катодной короны. Оно также зависит только от напряженности и силы тока.

7. Анодная корона вызывает в чистом масле разложение масла с выделением газа, что немедленно приводит к пробоем. Это разложение носит взрывной характер и его напряжение характеризуется значительным разбросом.



8. Различное влияние анодной и катодной короны на чистое масло создает своеобразное, сильно выраженное униполярное пробивное действие.

9. Для полярных электродов с весьма малым радиусом кривизны острия очистка масла от газов его пробивной крепости не улучшает, исключая острие-катод. Следовательно, крепость чистого масла определяется напряженностью поля у острия, а не общей величиной наложенного напряжения.

### Литература

1. Вальтер А., Журн. техн. физ., в. 1, 1933 и в. 3, 1934.
2. Пик Ф., Диэлектрические явления, 1934.
3. Справочн. Технич. энциклоп., т. 1, стр. 117.
4. Смышляев Г., Бюлл. ВЭИ № 6 и № 7, 1935.
5. Kehse W., ETZ № 42, 1921.
6. Crago A., JAIEE № 3, 1922.
7. Duncheath, JAIEE № 442, 1933.
8. Whitehead, Dielectric Phenomena, 1928.
9. Nikuradse A., Flussige Dielectrica, 1933.
10. Gattung, Dissertation, 1931.
11. Toryjama, El. Rev. v. 37, 1931.
12. Linder, Phys. Rev. v. 36, 1930.

## Новый импульсный генератор лаборатории им. проф. А. А. Смурова

A NEW IMPULSE GENERATOR DESIGNED BY PROF. SMOOROFF LABORATORY

А. А. Горев и Л. Е. Машкиллейсон

Ленинградский Электротехнический институт

**Н**АЧИНАЯ с 1932 г., в лаборатории им. проф. Смурова были широко развернуты исследования, связанные с проблемой защиты от перенапряжений. Первоначальные работы велись на специально построенном в то время импульсном генераторе на номинальное напряжение 2000 kV с емкостью при разряде 1450 мкФ. В связи с неудовлетворительным качеством диэлектрика — стекла, обладавшего большой утечкой, и некоторыми недостатками конструкции (конструкция на дереве) при работе на этом генераторе не удавалось получать волн стандартной формы с амплитудой выше 1200 kV, причем при повышенной влажности воздуха и отсыревании элементов генератора это напряжение понижалось до 800—1000 kV. Таким образом коэффициент использования генератора был 0,4—0,6. Практика работ лаборатории показала, что такой генератор недостаточен для проведения исследования импульсных характеристик изоляции.

Современные методы защиты от перенапряжений в значительной степени основаны на координации вольт-секундных характеристик изоляторов и искровых промежутков. Задача получения этих характеристик с абсолютной точностью еще не решена, и поэтому сравнение вольт-секундных характеристик с достаточной надежностью может быть произведено лишь в том случае, если все сравниваемые характеристики сняты в одной лаборатории на одном и том же генераторе импульсов.

Это обстоятельство значительно затрудняет использование характеристик искровых промежутков, снятых в Америке, и приводит к увели-

чению необходимого объема работ по их исследованию.

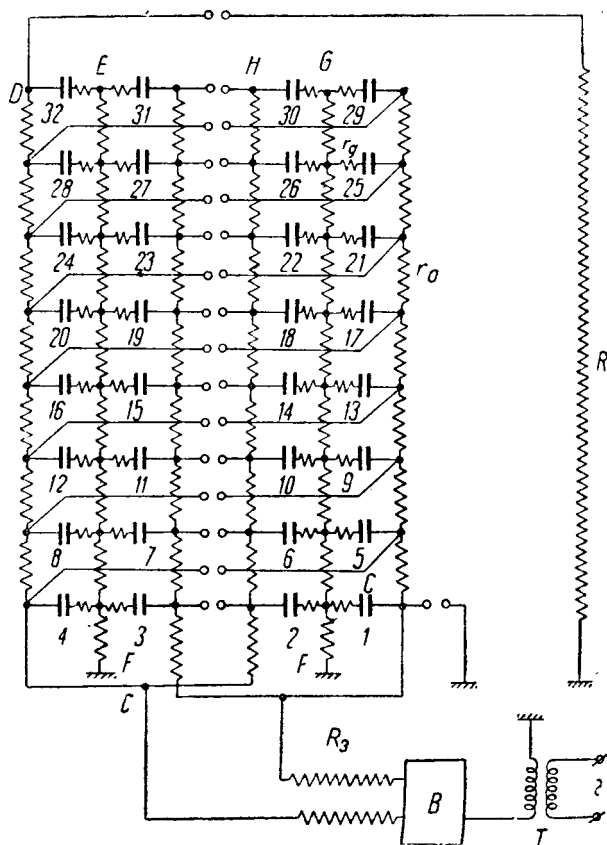


Рис. 1. Общая электрическая схема импульсного генератора



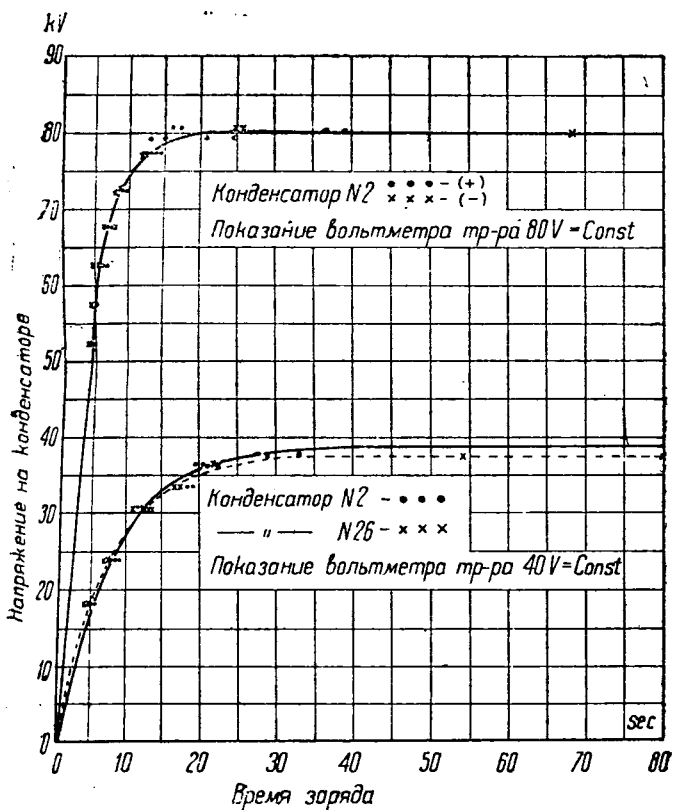


Рис. 2. Время заряда конденсаторов № 2 и 2 б (полярность  $\pm$ ),  $b = 760$  мм Hg,  $t = 25^\circ$ , абсолютная влажность 12 — 14,3 г/м<sup>3</sup>

На основании изложенных соображений в лаборатории было предпринято проектирование и постройка нового импульсного генератора. Номинальное напряжение нового генератора выбрали равным 32 kV, стремясь получить возможность исследования импульсных характеристик изоляции на рабочее напряжение до 220 kV. Габариты помещения позволяют увеличить в дальнейшем это напряжение до 3600 kV без радикальной переделки генератора.

Для сравнения в табл. 1 приведены данные о номинальном напряжении некоторых крупнейших импульсных генераторов за границей.

Таблица 1

Импульсный генератор	GEC	Westinghaus	Лаборатория Ohio Brass	Лаборатория Ампера	Siemens	AEG	Лаборатория им. проф. Смурова
Номинальное напряжение . . .	5000	3000	3000	3000	3000	2500	3200

Как видно из данных табл. 1, новый генератор лаборатории им. проф. Смурова является одним из крупнейших в мире, уступая заметно по величине номинального напряжения только генератору GEC в Скенектеди.

Основные данные нового импульсного генератора, законченного монтажом и пущенного в работу в апреле 1936 г., следующие.

Схема электрических соединений генератора изображена на рис. 1 и представляет собой обыч-

ную схему Э. Маркса. Генератор состоит из 32 конденсаторов на рабочее напряжение 100 kV постоянного тока каждый и емкостью по 0,15  $\mu$ F. Таким образом при разряде, когда все конденсаторы включаются последовательно через шаровые разрядники, емкость генератора составляет 4700  $\mu$ F, чему при напряжении 3200 kV соответствует запас энергии 24 kW sec.

Заряд конденсаторов производится от трансформатора GEC с одним выводом 100 kV — 10 kVA, со встроенным потенциал-регулятором, позволяю-

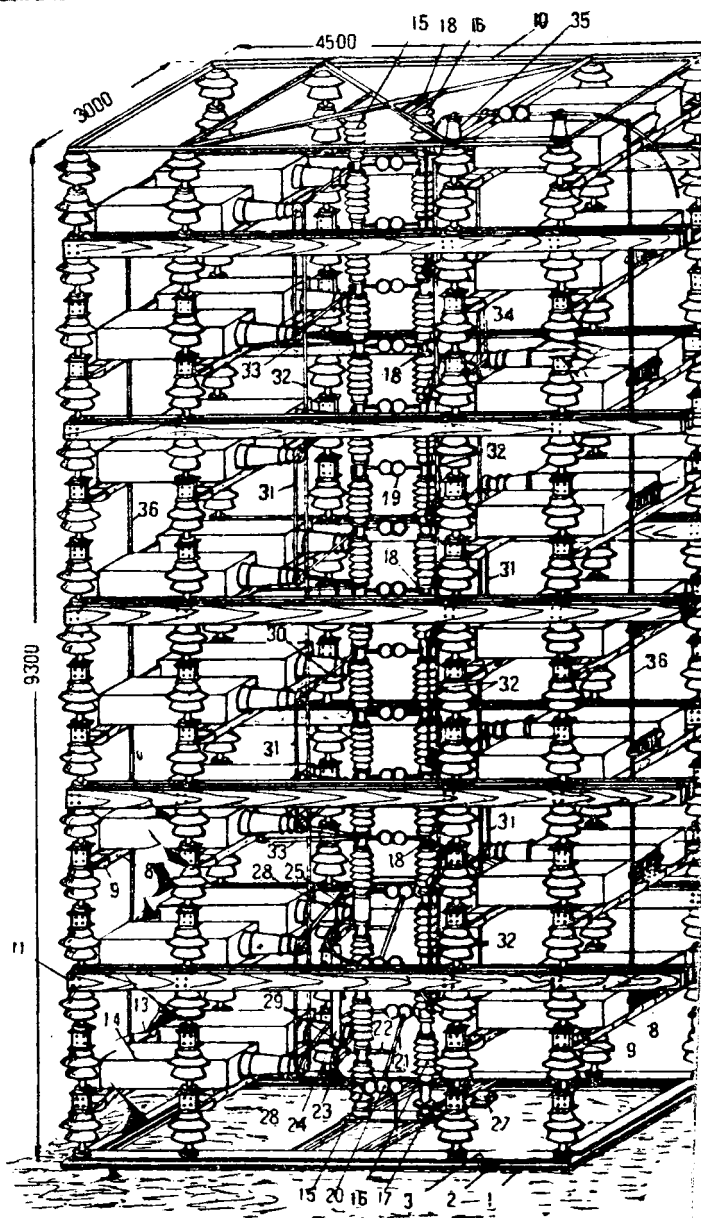


Рис. 3. Аксонометрическая проекция генератора: 1 — прокладка; 2 — железная плита; 3 и 10 — нижняя и верхняя рамы; 4 — изолятор ШТ-35; 5, 7 и 12 — болты  $\frac{1}{2}$ "; 6 — подставка; 8 и 7 — брус поперечный и продольный; 9 — коробка; 13 — демфирующее сопротивление; 14 — конденсатор; 15, 16 — неподвижная и подвижная стойки (изоляция ПМ-35); 17, 18 — шариковые подшипники, упорный и направляющий; 19 — шаровые разрядники; 20 — шаровые разрядники принудительного зажигания; 21, 24 — штанга с шариками и с усиками; 22 — валик; 25 — блок; 26 — гибкий трот; 27 — привод с червячной передачей; 28, 29 — держатели, левый и правый; 30 — соединительная трубка; 31 — перекрещивающиеся ножи; 32 — разделительные сопротивления; 33, 34 — крепление неподвижной и подвижной стоек; 35 — изолятор НО-5; 36 — земляное сопротивление

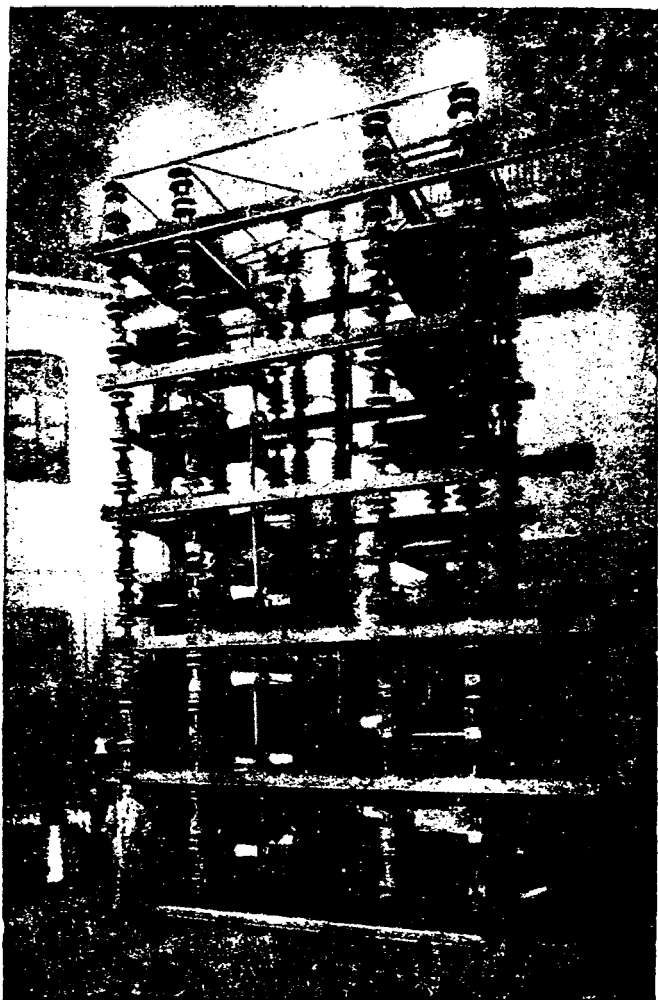


Рис. 4

щим главную регулировку напряжения в пределах от нуля до полного.

Для выпрямления применен механический выпрямитель  $B$ , который в дальнейшем предполагается заменить кенотронами.

Между выпрямителем и генератором включено защитное сопротивление  $R_z$ , порядка  $0,8-0,9 \text{ М}\Omega$ , выполненное в виде резиновых труб диаметром  $37/45 \text{ мм}$ , заполненных водопроводной водой. Из таких же труб выполнены разделительные сопротивления между конденсаторами. Величина разделительных сопротивлений по  $100 \text{ тыс. } \Omega$ .

Процесс заряда был рассчитан теоретически, причем оказалось, что принятые величины сопротивлений обеспечивают достаточную одинаковость процесса заряда всех конденсаторов. После постройки генератора это было проверено экспериментально. В виде иллюстрации на рис. 2 приведены измеренные кривые заряда первого и последнего конденсаторов импульсного генератора.

Конструктивно генератор оформлен в виде изолированной на изоляторах ШТ-35 этажерки, на которой расположены 32 конденсатора, как это видно из приведенной на рис. 3 аксонометрической проекции генератора. Этажерка состоит из двух половин, между которыми расположены шаровые разрядники. Каждая половина генератора имеет 8 этажей, по 2 конденсатора на этаж,

причем этажи одной половины сдвинуты на высоте относительно этажей другой половины на полэтажа. Баки конденсаторов каждого этажа соединены друг с другом через демпфирующие сопротивления.

Необходимо заметить, что практическая работа с новым импульсным генератором показала, что указанные на рис. 3 3-электродные разрядники не нужны, и в настоящее время генератор работает без них.

Шары разрядников укреплены на двух колонках, составленных из фарфоровых изоляторов. Одна из колонн поворотная, чем осуществляется изменение расстояния между шарами.

Разрядное и демпфирующее сопротивления генератора выполнены в виде металлических безиндукционных сопротивлений, намотанных бифилярно на фанере. Для целей измерений служит специальный водяной потенциометр с сопротивлением около  $40 \text{ тыс. } \Omega$ .

Фотография общего вида импульсного генератора приведена на рис. 4 и 5.

Конденсаторы были выполнены ленинградским заводом «Буревестник». Вид отдельного конденсатора показан на рис. 6. Конденсатор имеет один вывод и рассчитан на работу в горизонтальном положении. Каждый конденсатор состоит из 66 пакетов кабельной бумаги с проложенными между пакетами листами алюминиевой фольги.

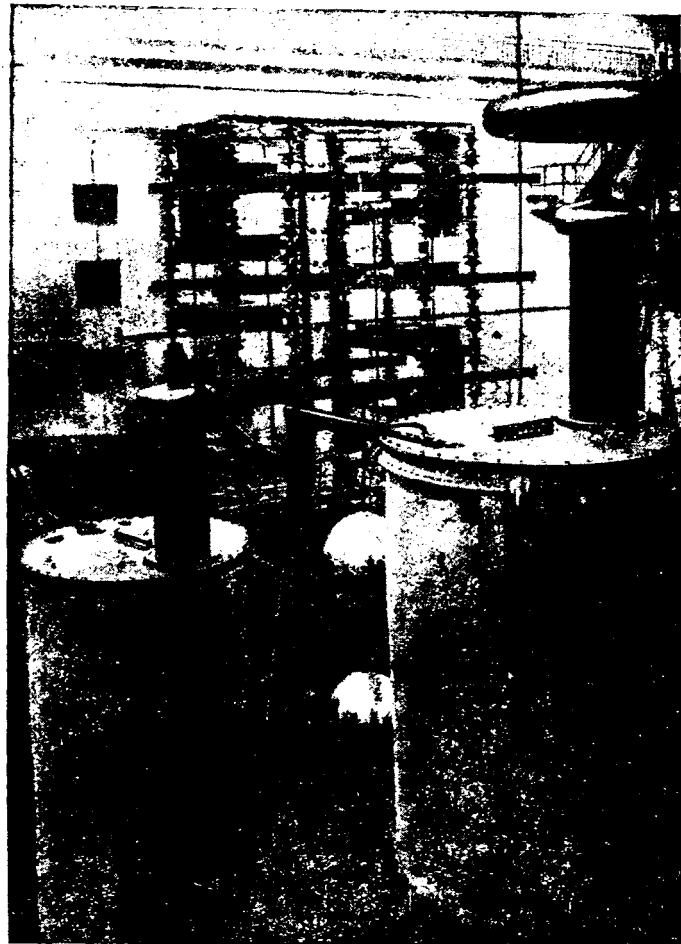


Рис. 5



Рис. 6

Каждый пакет имеет толщину 3 мм и состоит из 25 листов кабельной бумаги KB-12 толщиной по 0,12 мм. Размер листа фольги  $35 \times 60 \times 0,003$  см. Закрайки бумаги имеют ширину 7,5 см по длинной стороне и 15 см по коротким сторонам, где сделаны выводы к баку и к выводному изолятору. Пакеты сжаты деревянными накладками и пропитаны трансформаторным маслом, которым залиты баки конденсаторов. Бак конденсатора имеет (с крышкой) размеры  $326 \times 650 \times 1250$  мм, не считая выводного изолятора.

Согласно техническим условиям конденсаторы должны были иметь следующие характеристики: емкость  $-0,15 \mu\text{F} \pm 5\%$ ; рабочее напряжение (постоянного тока)  $-100 \text{ kV}$ ; испытательное — в течение 1 мин  $-140 \text{ kV}$ ; ток утечки при  $100 \text{ kV}$  — не более  $0,1 \text{ mA}$ .

Конденсаторы хорошо выдержали приемные испытания и в настоящее время прошли уже период опытной эксплуатации, во время которого они подвергались суровым испытаниям. После обнаружения в начале эксплуатации генератора

нескольких небольших конструктивных дефектов и их устранения аварий конденсаторов не наблюдалось, хотя за период с апреля по сентябрь 1936 г. на генераторе было дано более 10 тыс. разрядов. Можно лишь пожалеть, что недостатки помещения и оборудования конденсаторного цеха завода «Буревестник» чрезвычайно замедлили темпы выпуска конденсаторов, вследствие чего пуск генератора задержался, по крайней мере, на полгода.

Форма волны генератора отличается весьма малым содержанием паразитных колебаний, как это иллюстрируется катодными осциллограммами, приведенными на рис. 7 и 8.

На рис. 9 приведена типичная осциллограмма разряда.

Несмотря на очень хорошее демпфирование паразитных колебаний, генератор имеет весьма высокий коэффициент использования (порядка  $0,85-0,9$ , в зависимости от испытуемого объекта), как это иллюстрируется экспериментальной кривой рис. 10, дающей зависимость напряжения на испытуемом объекте от номинального напряжения генератора.

На рис. 11 и 12 приведены фотографии разряда по анкерной и промежуточной гирляндам изоляторов на рабочее напряжение  $200 \text{ kV}$ , полученное на новом генераторе. На рис. 13 приведена фотография разряда с острия на металлический заземленный лист.

Несмотря на сравнительно небольшой срок, протекший с момента пуска нового генератора до момента составления настоящей статьи, лаборатория получила возможность произвести за это время значительное количество импульсных испытаний. Например, в числе других работ за время с апреля по сентябрь 1936 г. на генераторе были сняты серии вольт-секундных характеристик разряда для следующих объектов: 1) стержневой искровой промежуток для диапазона расстояний от 50 до  $162,5 \text{ cm}$ ; 2) кольцевой искровой промежуток для того же диапазона расстояний; 3) гирлянды линейных изоляторов типов П2, П4, 5 и П7, одинарные и сдвоенные, промежуточные и анкерные, без арматуры и с арматурой, до гирлянд из 14 элементов П7 включительно; 4) скомбинированная изоляция, состоящая из дерева и гирлянды фарфоровых изоляторов, до комбинации из дерева длиной 6 м и 9 изоляторов типа П4, 5.

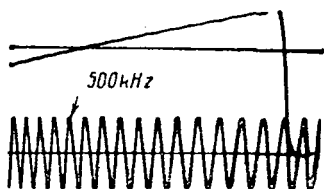


Рис. 7

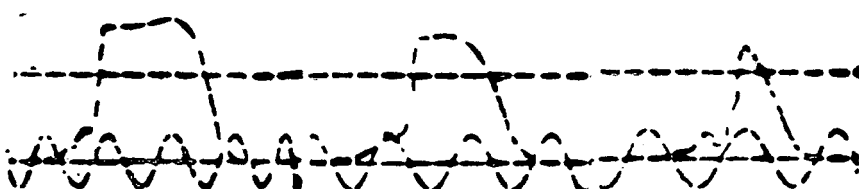


Рис. 9

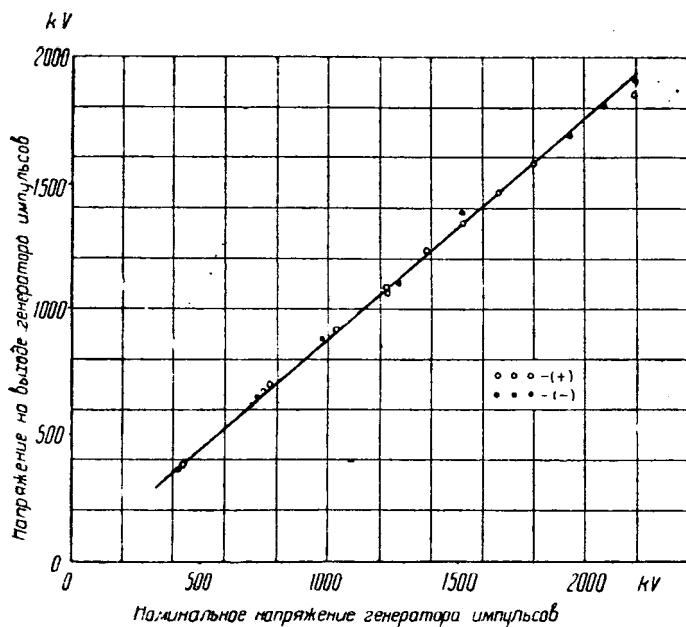


Рис. 10. Зависимость напряжения генератора импульсов от его номинального напряжения

Описанные испытания, в особенности испытания дерева, показали, что мощность генератора сильно влияет на результаты измерений, и при недостаточной мощности весьма трудно избавиться от ошибок, а некоторые испытания становятся при этом вообще невозможными (например, испытание мокрого дерева на длинных волнах).

Таким образом пущенный импульсный генератор позволил не только расширить круг работ, ведущихся в лаборатории, но позволил вести эти работы со значительно большей уверенностью в надлежащем качестве получаемых результатов.

Стоимость импульсного генератора составила около 130 тыс. руб.

Генератор построен за счет премии, выданной начальником Главэнерго т. Ловиным Ленинградскому электротехническому институту за работы лаборатории им. проф. А. А. Смурова в области защиты сетей наших энергосистем от грозных перенапряжений. Постоянный интерес, который Главэнерго и дирекция ЛЭТИ в лице тт. Шингарева и Павлова проявляли к самой работе,

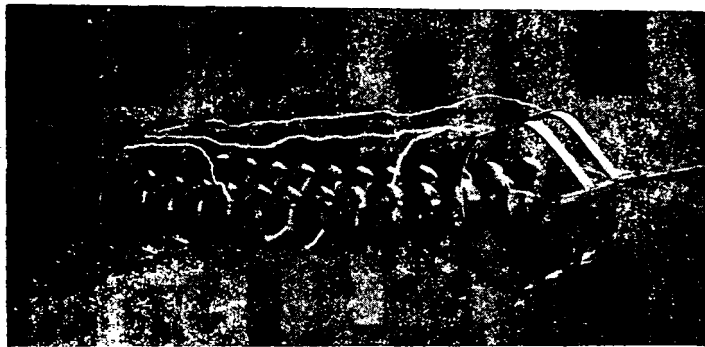


Рис. 11

и бесперебойное ее финансирование весьма способствовали ее быстрому и успешному окончанию.

Работа по сооружению генератора проведена под общим руководством проф. А. А. Горева со-

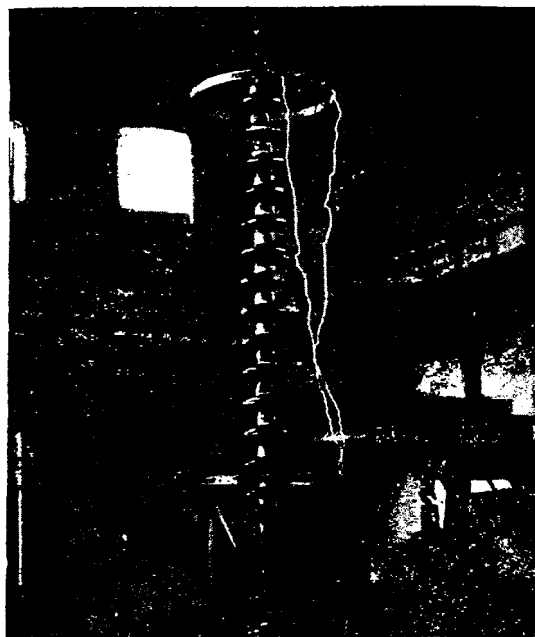


Рис. 12

трудниками лаборатории доц. Машкиллейс и инж. А. А. Шилваном, разработавшими прое-

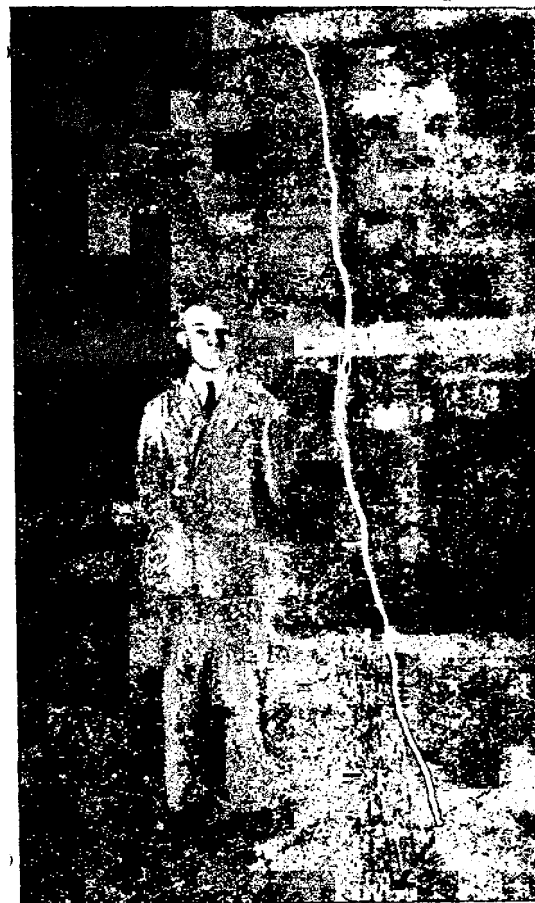


Рис. 13

и бригадой инж. Н. Д. Кудинова, срочно, по-срочно проведенной монтажу генератора. Большую помощь оказал своими советами инж. Е. С. Боданович.

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЗА ГРАНИЦЕЙ

## Приборы автоматизации гидроэлектростанций США<sup>1</sup>

ELECTRICAL EQUIPMENT AT AUTOMATIC HYDROELECTRIC STATIONS IN THE U. S. A.

М. П. Суслов

Всесоюзный институт гидромашиностроения

**США** далеко шагнули вперед в области производства автоматической аппаратуры, что сильно сказалось на развитии автоматических гидроэлектростанций. Такие вопросы, как пуск и остановка турбоагрегата, его электрическая защита, регулирование мощности по водотоку, автоматическая синхронизация, автоматическое регулирование напряжения, коэффициента мощности и т. д., в этой стране уже давно разрешены, что дало большой экономический эффект.

В нашей статье мы хотим осветить некоторые схемы и автоматические приборы, изготавливаемые в США для автоматических гидроустановок.

### Автоматическое регулирование на расстоянии

Основным элементом схемы является балансирующее реле, состоящее из подвижного якоря *М*, механически соединенного с рычагом *F*. Этот якорь устанавливается при помощи катушек *С* и *D*, замыкая рычагом *F* контакты *Е* и *Г*.

Другим основным элементом является моторная установка, состоящая из двух индукционных моторов (с редукторами), типа беличьего колеса, установленных в последовательном порядке на одном и том же валу, но вращающихся в противоположных направлениях.

Балансный потенциометр *JK* с контактом *Н*, также соединенный с мотором, является другим элементом сопротивления обмотки. Движение этого скользящего контакта *Н* регулируется движением мотора, так что вращающийся вал совершает свое максимальное число оборотов от регулирующего предела выключателя до такого же выключателя, давая возможность скользящему контакту двигателя от *J* до *K*.

Описывая эту операцию, прежде всего следует установить, что скользящие контакты во всех установках находятся в центре, как показано на рис. 1. При таком положении сопротивления *AP*, *PB*, *JH* и *NK* все равны между собой, и ток, проходящий в катушке *С*, равен току, проходящему в катушке *D*. Якорь *М* будет находиться под действием равных магнитных сил катушек *С* и *D* и рычаг *F* удерживается в среднем положении между контактами *Е* и *Г*.

Изменение положения щетки контрольного инструмента будет вызывать изменение потенциала.

Рычаг *P*, двигаясь по направлению к концу *A*, выведет из равновесия электрическую систему, так как сопротивление *AP* будет тогда меньше, чем *PB*. В результате ток в цепи катушки *D* будет больше, чем в цепи *С*. Якорь *М* будет тогда двигаться от катушки *D* и даст контакт в точке *Г*. По этой цепи будет происходить питание ротора мотора *L*.

При вращении мотора скользящий контакт потенциометра движется по направлению к концу *J* сопротивления. Когда сопротивление *NK* превысит сопротивление *AP* регулятора таким образом, что действие *AP* и *NK* будет равняться действию *PB* и *JH*, катушки *С* и *D* опять воздействуют на якорь *М*. Это заставит якорь *М* двигаться к центру, и рычаг *F* разорвет контакт в точке *Г*.

Мотор остановится и, заняв новое положение, точно соответствующее позиции контрольного прибора, останется неподвижным до тех пор, пока какое-нибудь новое перемещение щетки не выведет цепь из равновесия. Эти моторы служат для приведения в действие реостата или моторного регулятора, открывания и закрывания клапанов и воздействия на разные механизмы.

Для передачи указаний или для проведения операций, требующих очень малого усилия, прибор снабжен малой моторной установкой специальной конструкции.

Системой этой можно регулировать горизонт воды, скорость, температуру, давление, напряжение, подачу газа, открытие клапанов и т. д.

### Регулирование коэффициента мощности

Американская фирма «Всеобщая компания контрольных приборов» в настоящее время изготавливает новый автоматический прибор для регулирования коэффициента мощности.

Если этот коэффициент отклоняется от установленной нормы, падает или возрастает, то прибор автоматически устанавливает емкостное сопротивление линии, постепенно включая или выключая емкостное сопротивление, пока не будет получен желательный эффект.

Там, где для увеличения коэффициента мощности используются синхронными компенсаторами, прибор может служить для регулирования возбуждения этой синхронной установки.

<sup>1</sup> Составлено по материалам заграничной командировки автора.

Главная особенность этого прибора — работа измерителя коэффициента мощности, который вместо стрелки имеет горизонтальную штангу, отклоняющуюся на самый незначительный угол. На каждом конце этой штанги укреплена маленькая лопасть, против центра которой по одну сторону находится источник света, а на другой стороне — фотоэлемент.

Конденсирующая система линз концентрирует пучок световых лучей на каждой лопасти, но при нормальном коэффициенте мощности лучи света не могут попасть на фотоэлемент.

Когда коэффициент мощности падает, т. е. когда составляющая тока отстает на большой угол от составляющей напряжения, штанга вращается в направлении, противоположном движению часовой стрелки, и левое отверстие ее попадает в полосу света, вследствие чего левый фотоэлемент освещается. При обратном вращении, по ча-

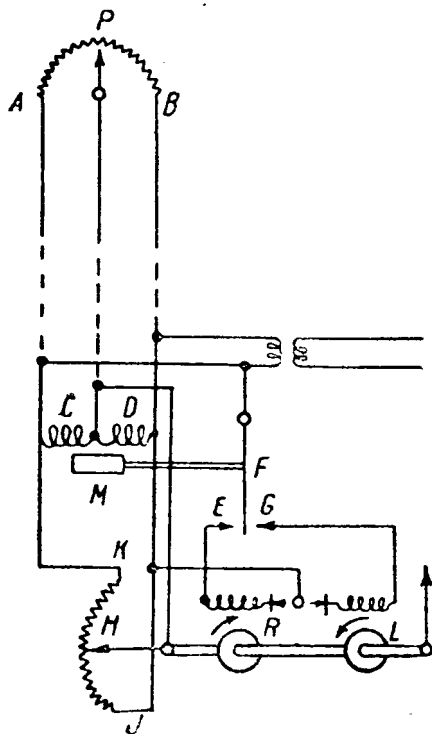


Рис. 1

совой стрелке, в полосу света попадает правый фотоэлемент.

Приспособление состоит из двойной светочувствительной пластинки, реагирующей на малейшие отклонения коэффициента мощности от установленного и передающей эти изменения на одно или другое из двух реле.

Эти реле, вращаясь, регулируют контактор, приводимый в движение мотором, поворачивая его в ту или другую сторону.

Схематически этот прибор изображен на рис. 2. На схеме показана штанга прибора А, передающая ток сегмента 1, 2, 3. Если выключатели 1, 2, 3 были выключены, их вспомогательные контакты 25b нормально закрыты и штанга контактора передает электроэнергию катушкам, включающим выключатели 1, 2, 3.

Когда эта операция будет проделана, вспомогательные контакты разомкнутся и, хотя штанга А

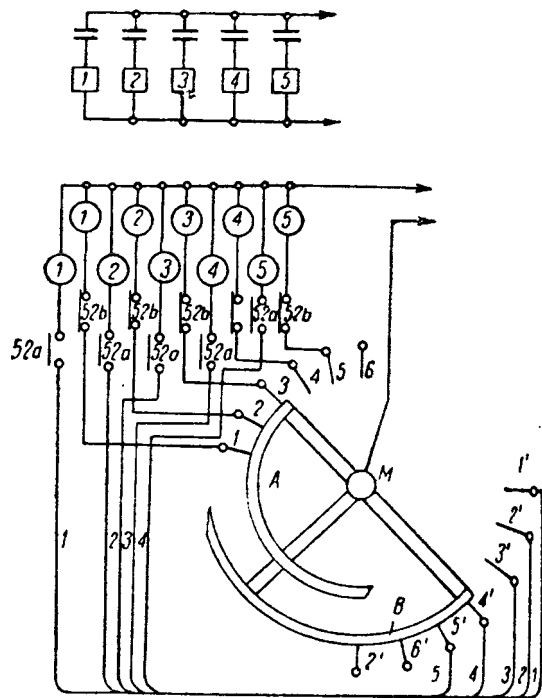


Рис. 2

продолжает соприкасаться с сегментами 1, 2, выключатели не будут больше получать электроэнергию. Если происходит падение коэффициента мощности и не последует освещения фотоэлемента, контактор, приводимый в действие мотором, будет продолжать свое вращение по направлению часовой стрелки до тех пор, пока не будет включено достаточное количество конденсаторов; когда коэффициент будет восстановлен до нормального уровня, контактор прекратит свое вращение.

Если индукционная нагрузка исчезнет, т. е. коэффициент мощности увеличится, то правая лопасть прибора даст возможность световым лучам осветить другой фотоэлемент, и прибор начнет вращаться в направлении, противоположном вращению часовой стрелки.

При этом штанга В замкнет контакты 5', 4' и в обратном порядке.

Это означает, что нормально открытый вспомогательный контакт выключателя находится в последовательном соединении с каждой вращающейся катушкой, возбуждая эти катушки только тогда, когда выключатель включен.

Имеются сигналы, которые показывают, какие конденсаторы в данное время включены.

### Контроль частоты

Схема контроля частоты представлена на рис. 3.

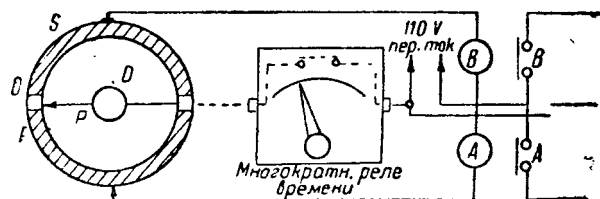


Рис. 3

Диск  $D$  движется по направлению часовой стрелки с помощью синхронного мотора. При частоте системы в 60 Hz быстрота вращения этого диска будет равна одному повороту в минуту.

Скользящий контакт  $P$  при помощи хронометра высокой точности также вращается по направлению часовой стрелки с постоянной скоростью в один поворот в минуту.)

Пущенный в ход диск  $D$  и рычаг  $P$  начинают вращаться синхронно, так что  $P$  соприкасается с центром изолированной части  $O$ .

Пока частота системы остается на одном стандартном уровне, рычаг  $P$  никогда не прикасается к сегменту  $F$ , ни к  $S$ , но если частота падает, синхронный мотор, вращающий диск  $D$ , замедляется, и вследствие этого рычаг  $P$  войдет в соприкосновение с сегментом  $S$ , при этом замыкается цепь реле  $B$ ; контакты этих реле с обмоткой мотора, движущемся с переменной скоростью,

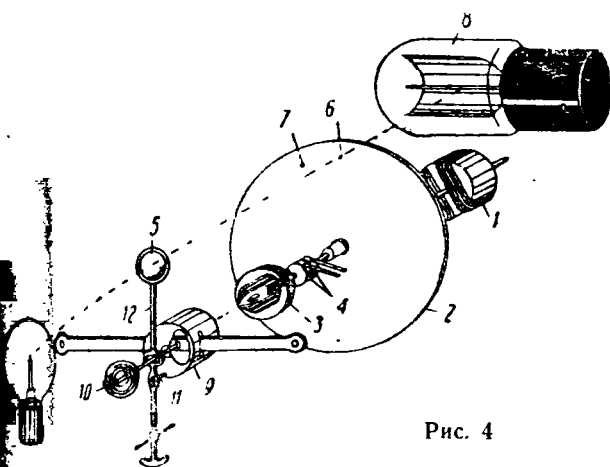


Рис. 4

замыкают вторую цепь на регуляторе первично-двигателя.

Мотор переменной скорости действует на пружину регулятора скорости таким образом, что повышает скорость установки и соответственно повышает частоту системы.

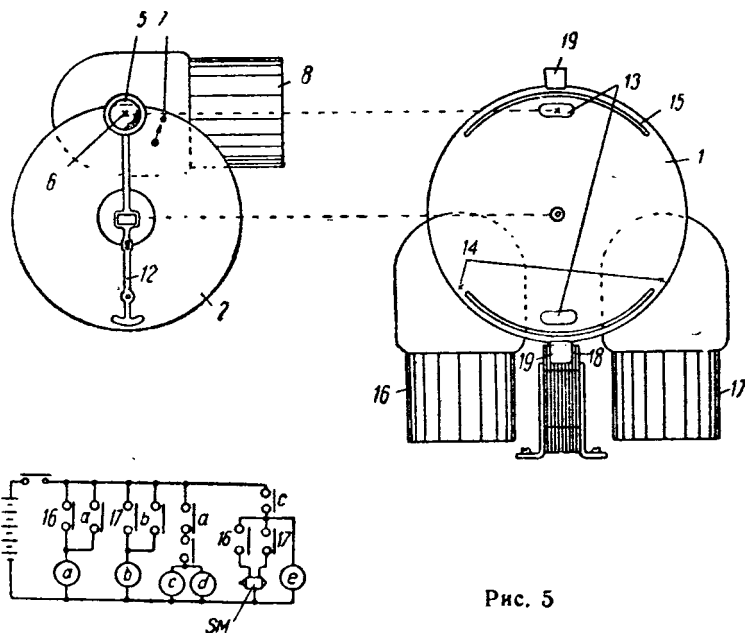


Рис. 5

Рычаг  $P$  может замыкать цепь  $S$  на очень короткий промежуток времени, до тех пор, пока отклонение частоты не будет исправлено, но это не значит, что реле  $B$  остается все время под током. Прекращение питания реле  $B$  выполняется часами, которые включены последовательно действующими цепями к двум реле. В течение одной минуты часы замыкают контакт 4 раза; продолжительность такого контакта легко регулируется и изменяется от долей секунды до пятнадцати секунд и больше.

### Синхронизатор „Точность“

Принципиальная схема автоматического синхронизатора «Всеобщей компании контрольных приборов» представлена на рис. 4 и 5, а общее устройство — на рис. 6.

Приводной механизм этого автоматического синхронизатора тот же, что и у обыкновенного синхроскопа.

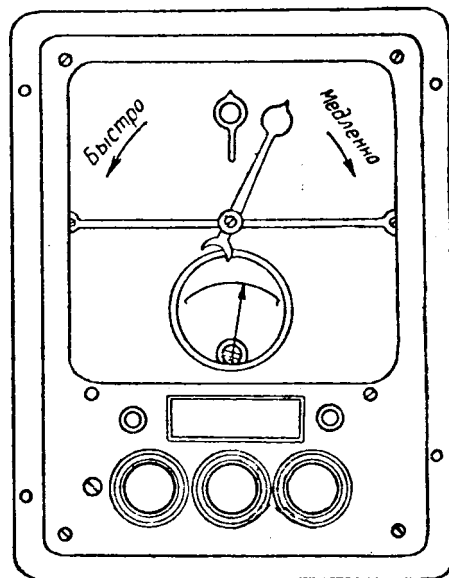
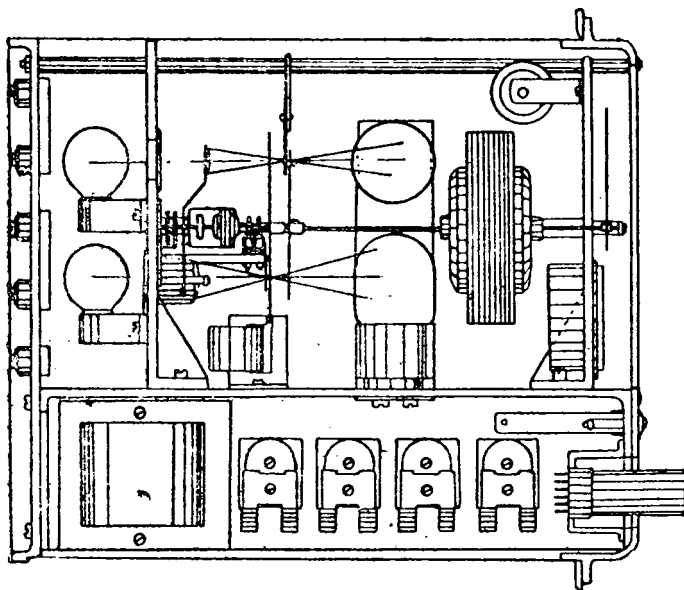


Рис. 6



Один конец обмотки соединен с общими шинами через трансформатор напряжения, а другой — с шинами генератора или трансформатора.

Синхронизатор будет вращаться в одном направлении, если частота поступающего тока выше частоты на шинах, и обратно. Скорость вращения синхронизатора пропорциональна разности между частотами двух систем.

На рис. 4 видно, что мотор синхронизатора 1 имеет на своем валу тонкий алюминиевый диск 2 и якорь 3, который возбуждается через контактные кольца 4. Из рис. 6 видно, что эти контактные кольца проходят сквозь ртутные чашки и что обычные щетки при этом не употребляются.

При помощи подвижной линзы 5, которая нормально стоит в показанном на рисунке положении, свет от лампы концентрируется в точке 6 на диске. Когда мотор синхронизатора находится в покое, в положении нулевого угла фазы, отверстие в диске 7 находится в освещенном поле 6, что дает возможность полностью освещать фотоэлемент 8, замыкая таким путем прерыватель.

В действительности якорь 3 устроен так, что он вращается внутри цилиндра 9, который стремится двигаться в направлении вращения якоря, но задерживается центрирующим волоском 10. Угловое отклонение этого цилиндра, таким образом, прямо пропорционально быстрой скорости вращения синхронизатора.

Цилиндр этот при помощи цапфы 11 сцеплен со стрелкой линзы 12. Таким образом угловое положение этой стрелки прямо зависит от положения цилиндра, и он сам является прямым показателем мгновенной скорости вращения мотора синхронизатора.

Поскольку начальный импульс для замыкания прерывателя дается в момент, когда отверстие диска 7 пересекает луч при его рассчитанном положении угла опережения, то окончательное замыкание контактов прерывателя произойдет точно. Комбинация цилиндра и стрелки линзы образует, по существу, чувствительный измеритель скорости (спидометр), который передвигает точ-

ку 6 в направлении, противоположном направлению вращения диска синхронизатора, и дает возможность точке 6 и отверстию 7 совпасть в раз в одном и том же пункте, что требуется для самостоятельного замыкания контактов прерывателя при нулевом угле фазы. И обратно, чем медленнее вращается синхронизатор, тем больше точка 6 отступает к своему нормальному центральному положению, давая возможность прерывателю начать замыкаться ближе к совпадению фаз. Поэтому за все время контрольной работы этого аппарата он сам компенсирует время для замыкания прерывателя цепи.

Аппарат снабжен также диафрагмой (не показанной на рисунках) для закрытия луча 6, когда стрелки линзы принимают крайние положения. Следовательно, действие всего прибора ограничивается пределами определенного угла сдвига фаз и диапазона скоростей или разности частот.

Втулка диска 1 (осуществляющего синхронизацию) в отличие от диска 2 может свободно скользить относительно вала ведущего мотора, но стремится вращаться вместе с ним, если диску не будет приложена задерживающая сила. Оба выреза 13 (рис. 5) пропускают свет, приводящий в действие оптическую систему диска, который работает совершенно независимо от диска 1.

Свет, идущий от двух ламп, концентрируется в точках 14 при помощи линз (не показаны на рис. 5). Два длинных выреза 15 пропускают луч с обеих сторон вырезов, как только они входят в поле освещения, и притом приводится в действие один из фотоэлементов 16, 17, но никогда оба одновременно.

При включении прибора мотор синхронизатора начинает нормально вращаться, и хотя задерживающий диск 1 имеет возможность скользить по валу, он будет стремиться вращаться вместе с ним и отклонится на угол, достаточный для того, чтобы осветить последовательно фотоэлементы 16 и 17. Последовательное приведение в действие фотоэлементов замыкает реле *a* и *b*, возбуждает контрольное реле соответствия скоростей *c*, а также обмотки тормозящего магнита.

Магнит *d*, показанный в разрезе 18, предназначен притягивать и держать в своем зазоре стальные тормозные захлопки 19 и не давать диску дальше вращаться, если не считать небольшого угла отклонения от нормального положения.

Так как ведущий мотор вращается, то диск теперь будет повернут либо по движению часовой стрелки, либо против этого движения на небольшой угол, достаточный для освещения фотоэлемента 16 или 17, в зависимости от направления вращения. Поскольку же цикл соответствия скоростей теперь уже закончен, контакты 16 или 17, соединенные с одноименными фотоэлементами,

заставят мотор соответствия скоростей *SM* работать с первичным двигателем генератора в необходимом направлении и синхронизировать вступающую машину.

Дополнительным устройством для безопасности является реле *e*, которое включает фотоэлемент 8 — замыкатель прерывателя цепи — лишь после того, как диск 1 выполнит все торможения.

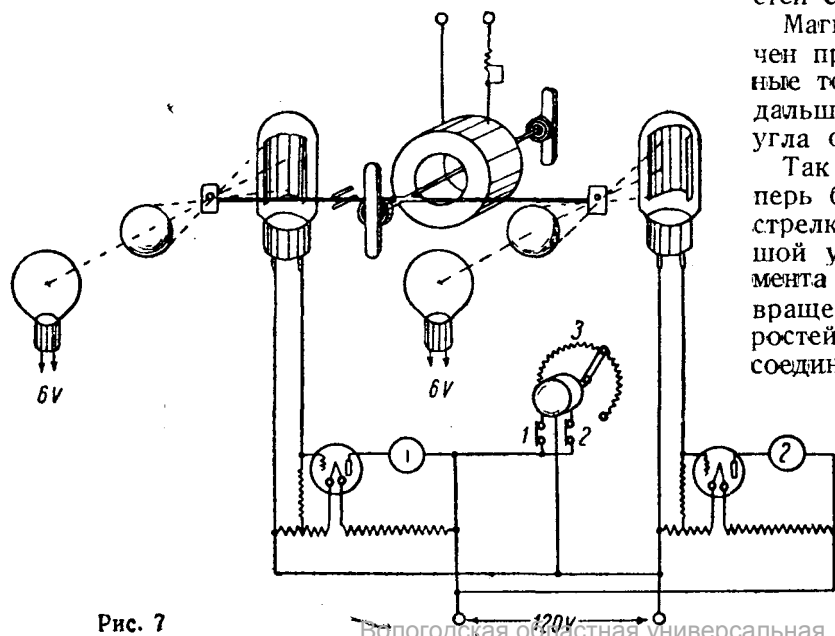


Рис. 7



Настоящий автоматический синхронизатор регулирует только на разность частоты и угол сдвига фаз.

### Фотоэлементный регулятор напряжения

Фотоэлементный регулятор напряжения, изображенный на рис. 7, состоит из вольтметрового элемента, включенного между полюсами источника напряжения, который должен быть регулирован. Вместо обычной одиночной вертикальной стрелки здесь употребляется горизонтальное крыло, на каждом конце которого находится маленькое отверстие (световой клапан). Крыло может двигаться в пределах небольшого угла. Это движение происходит при изменении напряжения; при помощи линз свет от возбужденных ламп направляется в определенную точку на каждой стороне крыла, как показано на рисунке.

При нормальном напряжении проход для света из обеих ламп закрыт. Но при малейшем падении напряжения отверстие левого «светового клапана» попадает под луч, что позволяет дать полное освещение соответствующего фотоэлемента.

Этот фотоэлемент при помощи усилителя заставляет реле 1 и, таким образом, передвигает перед приводимый в движение мотором реостат возбуждения поля 3 до тех пор, пока напряжение не придет в норму. В этой точке левый «световой клапан» вновь помещает световому лучу действовать на фотоэлемент.

При увеличении напряжения сверх нормы, точно таким же образом будет действовать правое отверстие крыла, приводя в действие реле 2 и уменьшая возбуждение, получаемое генератором. Реостатом, соответственно подобранным для рабочего диапазона, регулятор напряжения можно становить так, чтобы поддерживать любое напряжение.

Прибор не имеет никаких вибрирующих контактов. «Электрический глаз» постоянно следит за напряжением и мгновенно действует, выправляя его.

### Прибор для указания или регистрации горизонта воды на расстоянии

Схема указателя уровня воды на расстоянии представлена на рис. 8.

Вращающийся диск  $D$  имеет на периферии сегмент  $C$ . Этот диск рядом цилиндрических зубчатых соединен с цепным колесиком, которое вращается при помощи поплавкового механизма. Предпочтительное число зубчаток таково, что диск  $D$  делает 64 оборота на один оборот цепного колесика. Поэтому, если цепное колесико, через которое проходит поплавковая цепь, имеет в окружности 9,5", то диск  $D$  будет делать 6,75 оборотов на каждый дюйм изменения уровня воды.

На края диска нажимают ролики  $NE$ ,  $S$  и  $W$ . Можно предположить, что при подъеме уровня воды диск  $D$  будет вращаться по часовой стрелке,

то сегмент  $C$  сперва пройдет ролик  $W$  и при этом замкнет цепь батареи через обмотку магнита  $A$ .

Возбужденный магнит  $A$  потянет левый конец якоря  $F$  вниз, создавая контакт в точке  $a$ . Необходимо отметить, что при соприкосновении сег-

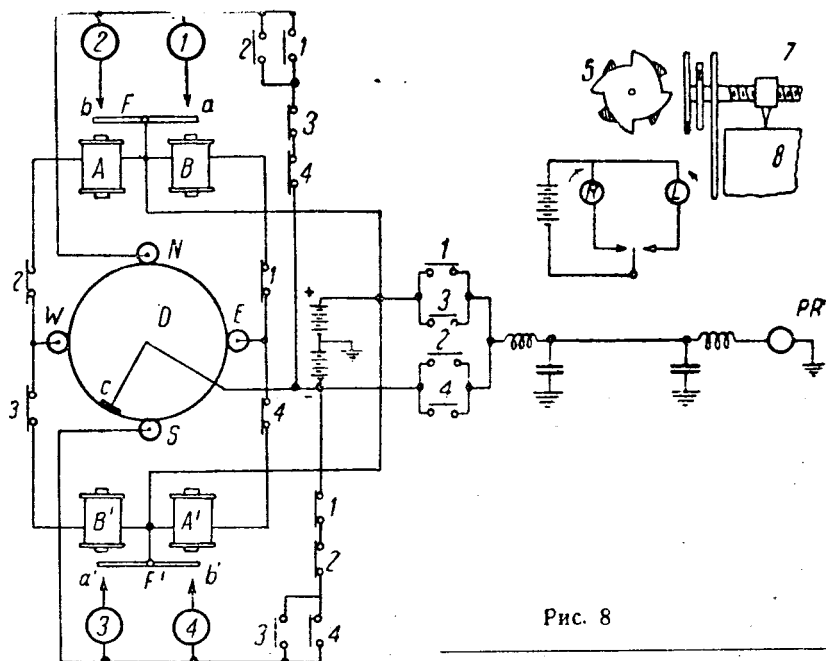


Рис. 8

мента  $C$  с роликом  $W$  возбуждается также обмотка магнита  $B$  и создается контакт в точке  $b'$ .

Если вращение продолжается по часовой стрелке, то сегмент  $C$  пройдет ролик  $N$  и возбудит реле 1. Это реле снабжено двумя в нормальных условиях разомкнутыми контактами и двумя контактами, нормально замкнутыми.

Один из нормально разомкнутых контактов расположен между положительным полюсом батареи и линией, и когда он замыкается, образуется цепь: положительный полюс батареи, замкнутый теперь контакт 1, дроссельная катушка, линия передачи, дроссель приемной станции, поляризованное реле  $PR$  и земля. Когда по этому пути возбуждается поляризованное реле, то возбуждается и реле действия  $R$ .

На якоре этого реле  $R$  имеется собачка, которая повернет зубчатый храповик 5 в направлении движения часовой стрелки на один зуб. Храповик, непосредственно соединен с винтом 6, имеющим десять нарезок на один дюйм. На этом винте можно видеть нарезной блок 7, передвигающийся в горизонтальном направлении, направо или налево, на одну десятую дюйма при каждом полном обороте винта.

С помощью самозаписывающего пера, прикрепленного к этому блоку и движущегося на поверхности передвигной диаграммной бумаги 8, мы получаем непрерывную запись уровня воды. Часовой механизм для передвижения диаграммной бумаги имеет заводную пружину или приводится от синхронного мотора.

Возвращаясь к рассмотрению схемы релейного оборудования передатчика, мы увидим, что когда реле возбуждается, его нормально разомкнутый контакт 1, расположенный последовательно с контактами 3 и 4, замкнется. Благодаря этому подводится отрицательный потенциал батареи к

реле и этим самым будет поддерживаться возбуждение реле.

Оба нормально замкнутых релейных контакта 1 при этом, конечно, разомкнутся; когда сегмент С пройдет ролик Е, магнитная обмотка В будет обеспечена, но магнитная обмотка А возбуждётся, замыкая контакт в точке а. Поэтому, когда сегмент С пройдет ролик S, он возбудит реле 3, и нормально замкнутый релейный контакт 3, который разрывает цепь к реле 1, разомкнется.

Через мгновение нормально замкнутые контакты реле 3 разомкнутся, а нормально разомкнутые контакты этого реле замкнутся, причем один из этих контактов послужит для передачи нового положительного импульса через линию передачи, сообщая этому храповику еще одну четверть оборота.

Если предположить, что поднятие уровня воды прекратилось и затем последовало понижение уровня, то, поскольку сегмент С пройдет ролик S в направлении, обратном движению часовой стрелки, это обстоятельство не может оказать никакого влияния на реле 3, так как это реле было закрыто в возбужденном положении.

Когда сегмент С пройдет при обратном движении ролик Е, — возбудит обмотку магнита В, образуя контакт в точке b.

Продолжая свое обратное движение, сегмент пройдет ролик N и возбудит реле 2, передавая благодаря этому отрицательный импульс через линию отдаленной передачи и заставляя храпо-

вик и винт передвинуться на один зуб в направлении, обратном движению часовой стрелки.

Схема реле показывает, что сегмент С или, вернее, диск D должен сделать по крайней мере пол оборота после соприкосновения с роликами или S, раньше чем сигнальный импульс будет передан. Если сегмент С повернулся бы в направлении движения часовой стрелки, считая с положения, указанного на рисунке, даже на 30° и затем стал бы поворачиваться назад и вперед между этими двумя крайними положениями, передан бы лишь начальный импульс.

Все четыре реле — 1, 2, 3 и 4 — идентичны, причем каждое из них имеет два нормально разомкнутых и два нормально замкнутых контакта, и всякий раз нормально замкнутые контакты будут размыкаться раньше, чем нормально разомкнутые контакты замкнутся, и наоборот.

Прибор этот может быть использован для измерения горизонта воды на расстояние с любой степенью точности при значительном диапазоне колебания горизонта.

Между передающей и приемной станциями имеется только один связывающий их провод, что весьма экономично.

Использованный в этом приборе принцип можно применить ко многим формам контрольных показаний, а также для регистрации положения любого механизма, имеющего точную и определенную линию движения.

## Лабораторная база высоковольтной электропромышленности США и Англии

INDUSTRIAL HIGH VOLTAGE LABORATORIES IN THE U. S. A. and ENGLAND

Г. Л. Эпштейн

Главэнергопром

**Л**АБОРАТОРНЫЙ опыт, на котором базируется прогресс ведущих мировых фирм в области электротехники, складывается из работ лабораторий двух основных типов: инженерных лабораторий, имеющих целью разрешение проблем, связанных с созданием новых конструкций в период их заводской проработки, и исследовательских лабораторий, предназначенных содействовать, вообще говоря, развитию техники.

Однако эта основная схема претерпевает изменения, в зависимости от того, относительно какой именно электротехнической фирмы идет речь — американской или английской.

В то время как в Америке лаборатории второго типа ставят своей задачей исследование еще неизвестных принципов конструирования тех или иных аппаратов, что заставляет эти лаборатории часто разрешать вопросы, казалось бы, с первого взгляда, мало связанные с текущей ра-

ботой заводов, подобные же лаборатории английских фирм строят свою работу на базе заказов заинтересованных заводских цехов, чем и объясняется их значительно большая узость. Исследовательские лаборатории электротехнических фирм Англии, как правило, не проводят исследований, не связанных непосредственно с работой заводов.

Такой характер построения лабораторной работы отражается и на способах финансирования их. В американской практике работа исследовательских лабораторий поглощает громадные суммы без обязательной их рентабельности в ближайшее же время.

В Англии же исследовательская работа, чтобы быть выполненной, требует определенной оплаты со стороны цеха-заказчика или завода, почему и содержание ее имеет характер прикладной, необходимый для принятия того или иного ре-

шения по вопросу, возникающему в связи с одним из этапов заводской работы. Именно таким образом организованы, например, лаборатории GEC и Вестингауз в Америке, Метрополитен-Виккерс — в Англии.

Надо еще добавить, что указанная выше схема применима лишь к наиболее крупным мировым фирмам, отнюдь не относясь к фирмам меньшего значения. Эти последние добровольно откажутся от ведущей роли в технике с точки зрения введения в производство новинок большого принципиального значения и ограничиваются только инженерными лабораториями, подчас весьма неплохими. К таким фирмам можно, например, отнести Кондит, Делта-Стар, Аллис-Чалмерс, Пасифик в Америке и Фергюсон-Пейлин, Рейролл и др. в Англии.

Ряд лабораторий как инженерных, так и исследовательских мне пришлось видеть во время моего пребывания в Америке и Англии, и в дальнейшем я попытаюсь дать их описание.

Наиболее интересными и новыми отделами лабораторий инженерного характера являются лаборатории для исследования работы силовых выключателей. Эти лаборатории, правда, в большинстве случаев приспособлены для решения вопросов значительно более широкого диапазона, чем исследования силового разрыва, однако по чисто формальному признаку они всюду отнесены к категории инженерных лабораторий.

Прежде чем перейти к фактическому описанию этих лабораторий, я считал бы нужным указать на известное расхождение путей развития, по которым идут такие лаборатории в Америке и в Англии.

Это — факт, что английские лаборатории для испытания силовых выключателей развиваются при наличии значительно больших перспектив на сегодняшний день, чем американские. В то время как американские совершенно не обнаруживают за последние годы тенденций развития своего оборудования, которое до настоящего времени сохранилось почти целиком в том виде, какой оно и имело в 1931—1932 гг., английские лаборатории, лишь недавно открытые, возникали при ярко выраженной тенденции роста уже в настоящем и в ближайшем будущем.

Так, установленные у крупнейших американских фирм генераторы разрывных мощностей (GEC, Вестингауз, Аллис-Чалмерс) имеют соответственно мощности (в общем комплексе) 100; 100; 50 MVA; лаборатория же Рейролла уже теперь имеет установленную номинальную мощность в  $2 \times 80$  MVA, Метрополитен-Виккерс — 80 MVA с подготовкой установки, проводящейся уже в настоящее время, второго аналогичного генератора. Между тем на подобное развитие у GEC, например, надежд нет, как это указал мне заведующий лабораторией инж. Скитс. Даже место, предназначавшееся ранее для установки второго генератора в 100 MVA в лаборатории в Скенектеди, в настоящее время занято разгонной ямой. Таково же положение в лаборатории Вестингауза, где надежд на расширение существующей лаборатории также не имеется, по крайней мере в перспективе ближайших лет.

Далее, необычайно интересно отметить разли-

чие в средствах привода генераторов. В то время как в Америке привод, как общее правило, от сети в процессе короткого не отключается, вся европейская техника построена именно на таком отключении. Наконец, достойно внимания, что американская практика использует машины малого числа оборотов, в то время как новейшие английские лаборатории построены на основе быстроходных генераторов.

Несколько более заботливо отношение английских фирм и к своему измерительному инвентарю. Так, например, нельзя не удивиться тому обстоятельству, что лаборатория GEC не имеет даже ей принадлежащего катодного осциллографа, который, в случае надобности, ей приходится «одалживать» у передвижной лаборатории атмосферных перенапряжений, не говоря уже о том, что лаборатория не пользуется катодным осциллографом с замедленным движением (механическим передвижением пленки), находящим большое применение в английских лабораториях и показавшим большую эффективность работы.

Я не буду останавливаться подробно на лаборатории GEC. Она у нас более или менее известна. Упомяну только кратко о характеристиках лабораторного генератора, а также трансформаторов. Генератор этот является одной из наиболее мощных единиц: его номинальная мощность — 100 MVA при числе оборотов в минуту 514 и реактанце около 9%. Привод его осуществляется мотором постоянного тока, питаемым особым агрегатом типа Ильгнера; система обеспечивает достаточно устойчивую работу в период короткого замыкания, причем, как указывалось, приводный мотор, а также питающий агрегат от сети не отключаются. Что касается повысительных трансформаторов, то до сих пор группа полностью не укомплектована и установленными являются только две фазы, каждая мощностью в 33 MVA. Максимальное напряжение каждой фазы — 132 kV; единицы допускают последовательное соединение с заземлением средней точки и в этом соединении дают возможность работать при 264 kV. Реактанс трансформаторов равен 5,8%. (Эта цифра в Европе значительно ниже.) Кроме описываемой лаборатории, помещающейся в Скенектеди, GEC имеет еще одну, небольшую, в Питтсфилде с двумя сидящими на одном валу генераторами в 12 MVA каждый, с асинхронным пусковым и синхронным рабочим моторами. Однако вторая лаборатория используется теперь только для мелких работ, именно для испытания предохранителей. Основной лабораторией фирмы является первая.

Гораздо менее известна у нас лаборатория Вестингауза в Питтсбурге, имеющая ряд крайне интересных особенностей. Основное ее оборудование состоит из одного генератора в 60 MVA (номинал) (рис. 1) и 2 генераторов по 20 MVA каждый, так что в общей сумме лаборатория располагает 100 MVA. Число оборотов в минуту основного генератора 514, двух меньших, сидящих на одном валу, — 580. Как первый, так и вторые имеют в качестве привода асинхронные моторы особого типа; нормальная мощность мотора привода большого генератора равна 6800 л. с. при напряжении в 220 V. Однако мотор спроектиро-

ван таким образом, что он допускает повышение напряжения на нем в процессе производства короткого замыкания до 650 В и тем позволяет значительно повысить номинальную, указанную выше, мощность. Реактанс большого генератора равен около 10%. Приводный мотор агрегата из двух малых генераторов имеет номинальную мощность в 3200 л. с. и также позволяет повысить напряжение. Все три генератора могут работать параллельно, и при такой работе в цепь малых генераторов включается добавочный трансформатор, уравнивающий как расхождение в скольжении, так и в напряжениях.

Приводные моторы имеют переключающуюся на 25 Hz обмотку; кроме того, нормальная их частота в 50 Hz может быть снижена до 40. Обмотки генераторов также переключаются для получения самых разнообразных напряжений. Так, у большого генератора могут быть получены: 6,6—13,2 kV при 60 Hz и 2,75—5,5—11 kV при 25 Hz. Обмотки включены на звезду. Вариации напряжений малых генераторов больше, поскольку в них имеются 6 секций и переключение со звезды на треугольник. Диапазон напряжений следующий: от 3,8 до 13,2 kV при 60 Hz (треугольник) и 2,75—5,5—8,25—16,5 при 25 Hz и при соединении звездой.

Повысительные трансформаторы состоят из 3 однофазных единиц мощностью 33,3 MVA каждая; реактанс трансформаторов — 3,5%.

Мощности, которые получаются в лаборатории, могут быть подсчитаны, исходя из токов к. з.: 45 kA при напряжении 13,2 kV (максимальная симметричная) или 78 kA полного тока первой полуволны. По данным лаборатории она располагает мощностями 1170 (трехфазная), 1920 (однофазная, пересчитанная на трехфазную) и 3300 MVA при схеме приключения всех трех фаз к однофазному объекту (схеме Бирманса). Однако эта последняя схема, повидимому, лабораторией не используется; кроме того, по своей величине она возбуждает некоторые сомнения. Вышеприведенные данные взяты мной из курса

выключателей Вестингауза, читаемого молодыми инженерами.

В лаборатории имеются также агрегаты работы с большими токами при низких напряжениях. В комплексе агрегат состоит из трех фазных единиц, сопрягаемых в одну трехфазную. Каждая единица имеет мощность в 1000 л. с. и во вторичной обмотке представляет собой стему из 8 катушек, соединяемых последовательно, смешанно и параллельно; каждая из катушек дает напряжение в 287,5 В. Комбинациями соединений всех агрегатов можно достигнуть ряда напряжений от 287,5 до 6900 В. Наконец, на этой же установке имеется автотрансформатор, позволяющий изменять напряжения в пределах  $\pm 10\%$ . При напряжении во вторичной цепи в 287,5 В к. з. достигает в агрегате 80 kA и спадает в 5 сек до 50 kA.

Наконец, предусмотрен разрывной агрегат постоянного тока, включающий 4 генератора 1500 kW каждый при напряжении в 750 В. Шины могут быть соединены последовательно, смешанно и параллельно. Это дает общую мощность в 6000 kW при напряжениях 750, 1500 и 3000 В. Максимальная величина тока к. з. десятикратная относительно номинального рабочего тока, равного 2000 А, так что при параллельной работе всех четырех машин общий к. з. равен 80 kA. Генераторы попарно приводятся трехфазными синхронными моторами мощностью каждый в 4300 kVA при напряжении 2300 В.

Из измерительного оборудования — достаточно, кстати сказать, устаревшего — стоит отметить наличие 3 девятишлейфовых и одного трехшлейфового осциллографов. В нормальных условиях работы лаборатории одновременно пользуются двумя из них, получая 12—18 записей. В случае нужды можно использовать одновременно все 30 шлейфов. Имеется также однолучевой осциллограф с передвигающейся лентой и со средней скоростью записи.

Интерес представляет приспособление для точного по времени и по последовательности включения измерительной аппаратуры. Оно состоит из оси, на которую насажены контактные шайбы, и которая приводится синхронным мотором. На подвижные щетки, соприкасаясь с контактными шайбами, включают соответствующие этим шайбам электрические цепи. Шайбы могут вращаться относительно оси для установления точного угла и имеют различные длины контактных сегментов в зависимости от интервала времени, в течение которого электрическая цепь должна находиться под напряжением. Это дает возможность включать вспомогательные цепи в любой момент и в любой интервал времени.

Весьма характерно, что даже такая сравнительно небольшая фирма, как I-T-E (Филадельфия), со специализацией производства только низковольтной коммутационной и пусковой аппаратуры, также имеет свою, правда, небольшую разрывную лабораторию как постоянного, так и переменного тока. В качестве источника переменного тока в ней установлен генератор в 3000 kVA при напряжении 600 В, дающий ток к. з. до 50 kA. Генератор этот приводится индус-

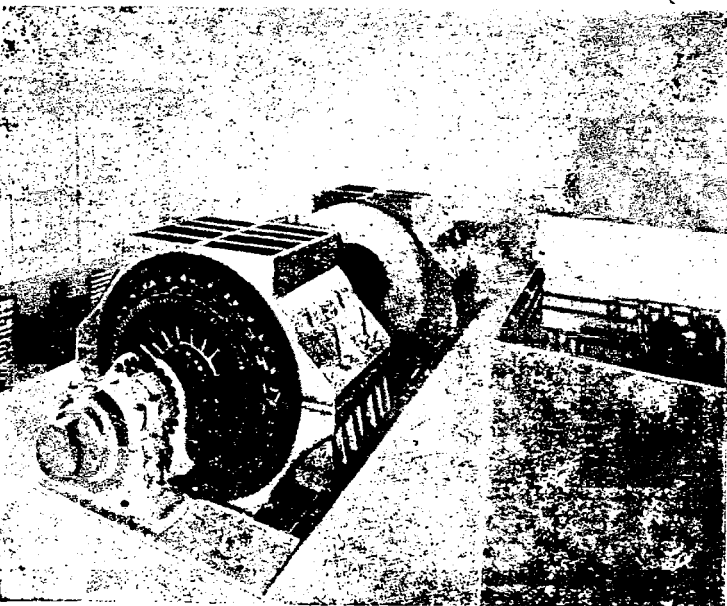


Рис. 1

дионным мотором в 200 л. с., не отключаемым от сети в процессе к. з. В качестве источника постоянного тока служит ртутный выпрямитель, имеющий характеристики нормальной работы — 600 V, 1500 A; при замыкании на короткое он может развить весьма кратковременно до 15 kA.

Как указывалось выше, большой интерес представляют современные английские разрывные лаборатории, пожалуй, наиболее поздние по времени организации. Особенно следует остановиться на лаборатории Рейролла, в настоящее время самой мощной в мире. Основное оборудование ее состоит из 2 генераторов трехфазного тока, изготовления фирмы Парсонс, которой фактически принадлежат заводы Рейролл.

Каждый из генераторов (рис. 2) развивает при 3000 об/мин мощность в 80 MVA. Они могут работать как параллельно, так и каждый отдельно, и являясь абсолютно идентичными. Максимальное напряжение, которое может быть получено без трансформации, — 22 kV. Более низкие напряжения получаются за счет соответствующего переключения секций (двух) обмотки в параллель и на треугольник. Поэтому возможно получить напряжения 6,6, 11, 13,2 и 22 kV. Реактанс обмотки равен 0,3  $\Omega$  на фазу при напряжении 22 kV. Генератор приводится асинхронным мотором мощностью в 1500 kVA, причем в процессе испытания мотор от сети отключается, и, процесс к. з. совершается только за счет кинетической энергии, накопленной вращающимися частями генератора. В связи с параллельной работой при отключенных моторах возможны всякого рода мешающие моменты, как-то: неодинаковое снижение числа оборотов, наличие в связи с этим расхождения векторов напряжения и т. д. Однако по данным фирмы в практике лабораторий такого рода явления не наблюдались. Объяснить это надо тем, что прежде всего генераторы являются абсолютно идентичными. Далее, обязательным моментом при конструировании отдельных элементов лаборатории явилось проведение принципа полного уравнивания по всякого рода сопротивлениям тех петель, которые образуют соединительные шины каждого из генераторов при подходе к общим шинам установки. Что же касается посадки числа оборотов, то опыт показал, что таковая в нормальных, не особенно суровых испытаниях не превосходит нескольких процентов, доходя до предельной цифры в 15% в самых суровых условиях. Для длительного процесса к. з. в пределах до 5—7 периодов рабочего тока расхождения векторов напряжения, ощутимого измерительными приборами лаборатории, не наблюдалось.

Возбудительная система генераторов крайне проста: возбудитель сидит на одном валу с генератором и является одноступенчатым. Надо отметить приспособление, позволяющее производить включение объекта испытания в любой точке синусоиды напряжения генератора. Оно состоит из коллектора, насаженного на вал генератора и управляющего при помощи соответствующей установки на нем щеток вспомогательной цепью включения. Момент включения определяется положением щеток на коллекторе и может быть изменен перемещением щеток.

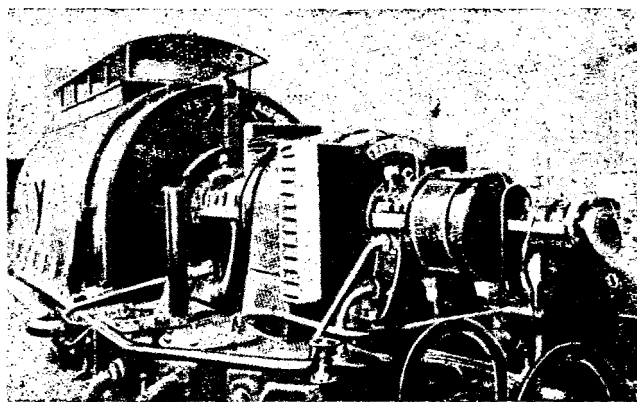


Рис. 2

Как в большинстве разрывных генераторов в момент к. з. смазка подшипников производится под сильным давлением — до 80 at — благодаря включению на период к. з. специального насоса, подкачивающего масло в подшипник.

Решение вопроса об ударной реакции на фундамент при к. з. испытуемого объекта в лаборатории Рейролл имеет иное решение, чем в лабораториях, например, Вестингауза или Метрополитен-Виккерс. В то время как в последних инерционный удар воспринимается фундаментом через посредство системы буферных мощных пружин (рессор), в первой никаких буферных систем не устроено; они заменены очень прочной связью генератора с фундаментом, осуществляемой 12 глубоко заложенными анкерными болтами. Достаточно длительный опыт работы (по крайней мере одного из генераторов) не показал каких-либо признаков усталости фундамента или вырывания болтов.

Трансформаторное хозяйство лаборатории особого интереса не представляет. Оно состоит из группы повысительных трансформаторов с напряжением до 156 kV и группы трансформаторов понизительных, работающих при напряжении в 600 V; первая должна быть весьма мощной, если судить по приводимой ниже таблице достигаемых в лаборатории разрывных мощностей.

Примерно такой же вид как лаборатория Рейролла имеет и лаборатория Метрополитен-Виккерс. Она пока располагает только одним установленным генератором мощностью (номинальной) в 80 MVA с переключением обмотки со звезды на треугольник, при напряжениях соответственно 11/6,6 kV. Такое переключение производится от руки, для чего выводы обмоток статора даны наружу и присоединены к переключательному приспособлению. Число оборотов генератора равно 3000 в минуту. Система возбуждения здесь значительно усложнена — она двухступенчатая, причем обе ступени механически не связаны ни между собой ни с главным генератором. Генератор приводится в действие асинхронным мотором в 1200 kVA. В процессе к. з. мотор отсоединяется от сети; поэтому здесь имеет место снижение числа оборотов генератора, достигающее при самых тяжелых к. з. 10—15%.

Измерительная аппаратура лаборатории представляет большой интерес. Здесь установлен 16-шлейфный осциллограф, весьма красиво ском-

Напряжение kV	Механизмы	Пределы испытаний kV	Род к. з.	Разрывная мощность	
				асимметрич.	симметр
6,35—22,0 38—76	Генераторы . . . . . Генераторы и трансформаторы . . . . .	3,3—22,0 22—132	3-фазное 1-фазное 3-фазное 1-фазное 3-фазное	2500—2690 2000—3000 * 1345 1720—2600 * 1345	1900—20 1520—23 1000 1330—20 1000
132—156	” ” ” . . . . .	66—220			

\* Приведенные значения являются эквивалентными значениями трехфазного тока при 50 Hz, исчисленными исходя из величин напряжений эффективного значения тока к. з. в первый полупериод. Значения, отмеченные звездочкой, относятся только к условиям заземленной нейтрали; прочие — к изолированной.

панованный, как единое целое, а также трехлучевой катодный осциллограф с пленкой, приводимой от синхронного моторчика и дающей возможность записи средних скоростей. Так, различимыми на пленке являются промежутки времени в 10 сек.

При обзоре лабораторий разрывных мощностей нельзя не отметить крайне оригинальной установки Фергюссона-Пейлина — лаборатории испытания баков масляных выключателей на гидравлический удар. Давление создается своего рода гидравлической бабой-грузом, падающей на поршень насоса, поддерживающего определенное давление внутри бака. Динамическое воздействие передается на жидкость, а через нее — стенкам и днищу бака. Предельная величина такого ударного воздействия равна примерно 330 at (5000 фунтов на квадратный дюйм). Лаборатория показана на рис. 3.

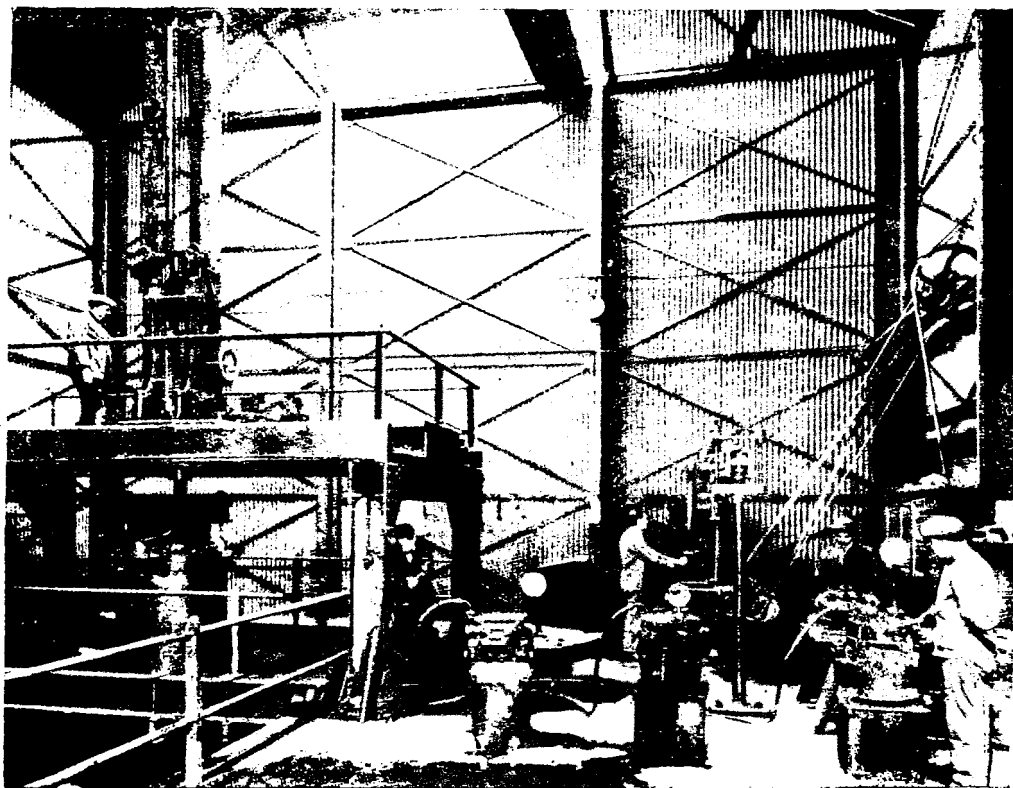
Второй категорией инженерных лабораторий, могущих представить для нашей промышленности

интерес, являются импульсные лаборатории высокого напряжения. Нужно отметить, что в области высоковольтной техники особенно большое развитие в США получили именно эти лаборатории, а не лаборатории с 50 и 60-периодными напряжениями. Эти последние уже довольно длительное время пребывают в стабильном состоянии, и определенной новинкой среди них может служить лишь недавно пущенная лаборатория на 2250 kV относительно земли Компании О. Бресс, которая по высоте напряжения являлась рекордной в США. Что касается таких фирм, ГЕС и Вестингауз, то их установки высокого напряжения рабочей частоты за последние годы подвергались каким бы то ни было значительным изменениям. В противоположность им импульсные лаборатории продолжают усиленно развиваться, давая образцы непревзойденных в Европе напряжений.

Кроме того, и сам по себе характер этих лабораторий обнаруживает тенденцию к более широкому охвату обла-

сти импульсных воздействий. Если раньше под понятие импульсных генераторов подходили только механизмы, генерирующие волны напряжения, то в настоящее время начинают развиваться импульсные генераторы для получения волн тока. Искусственным образом достигаются эффекты, которые в природе достигаются в ударных генераторах молнии. И некоторые из этих генераторов удаются достигать и некоторой мощности, подобной той, которая рождается при разряде молнии.

На первом месте среди всех этих лабораторий стоит, несомненно, лаборатория ГЕС, выстроенная и оборудованная инженером Пиком. При жизни его она дала рекордные показатели в смысле достигнутого напряжения и после смерти П



Вологодская областная универсальная научная библиотека



тие ее не остановилось, достигнув в настоя-  
 щее время возможности генерирования прямых  
 волн положительного или отрицательного знаков  
 до 5000 kV относительно земли и 10 000 kV между  
 электродами заземленного в средней точке генера-  
 ра. Интересно проследить по нижеследующей  
 таблице за развитием этой лаборатории по годам:

Год	Напряжение kV	Год	Напряжение kV
1914	250	1927	2 400
1917	500	1928	3 600
1921	750	1929	5 000
1922	1000	1932	10 000
1923	2000		

Генератор лаборатории ГЕС состоит из двух  
 симметричных половин, в каждой из которых  
 установлено по 102 конденсатора с емкостью еди-  
 ницы в 0,5  $\mu\text{F}$ , так что общая емкость каждой  
 из половин равна 0,0049  $\mu\text{F}$ . Все конденсаторы  
 выполнены пиранолом. Число ваттсекунд, генери-  
 руемых генератором, равно 125 000. Конденсаторы  
 заряжаются при помощи кенотронного выпрями-  
 теля, дающего напряжение 150 kV. Так как все  
 конденсаторы рассчитаны на напряжение в 50 kV,  
 заряд происходит группами, по три последо-  
 вательно включенные конденсатора. При разряде  
 напряжения всех конденсаторов, как обычно, скла-  
 дываются. Время полного заряда генератора при-  
 мерно равно 45 sec. При параллельной работе  
 обеих половин генератора достигаемое значение  
 тока выражается в 40 kA. Длина пробиваемого  
 промежутка между острями достигает 915 см.

Кроме этого основного генератора, в лаборато-  
 рии имеется и меньший — на 2600 kV, предназна-  
 ченный для текущих работ, с общей емкостью в  
 0,014  $\mu\text{F}$ , а также несколько малых импульсных  
 генераторов.

Наконец, что представляет особый интерес, в на-  
 стоящее время пущен в работу и генератор им-  
 пульсных токов. Он состоит из 96 конденсаторов,  
 в каждом подобный конденсаторам генератора на-  
 значения. Конденсаторы заряжаются группами,  
 три последовательно, от тех же кенотронов,  
 при разряде работают все параллельно. Волна  
 тока, которую можно получить от этого генера-  
 ра, равна 265 kA (амплитудное значение). С этим  
 генератором поставлен ряд опытов, имеющих  
 целью исследовать как термические эффекты  
 от больших токов, так и механические.

В качестве иллюстрации на рис. 4 показано дей-  
 ствие волны тока на медный проводник, заклю-  
 ченный в стальную оболочку. С левой стороны  
 показан провод до опыта, с правой —

остатки после опыта обожженная металличе-  
 ская оболочка. Сам провод испарился под дейст-  
 вием выделенного тепла. Ряд опытов, имитирую-  
 щих эффект молнии, по полученным в результате  
 их действиям позволяет заключить, что генера-  
 тор с током указанной величины примерно отве-  
 чает тем основным характеристикам, которые мо-  
 гут быть приписаны действительной молнии.

Аналогичная, но несколько меньшая по величи-  
 нам напряжений и токов, установка имеется и в  
 Шероне, на заводе трансформаторов фирмы Вес-



Рис. 4

тингауз. Здесь генератор напряжения сконструи-  
 рован на 3000 kV относительно земли. Он состоит  
 из 30 ступеней конденсаторов, при напряжении  
 каждой ступени в 100 kV; каждая из ступеней со-  
 стоит из 4 конденсаторов, соединенных последо-  
 вательно — параллельно. Емкость как каждой кон-  
 денсаторной единицы, так и всей ступени равна  
 0,25  $\mu\text{F}$ . Однако в последнее время генератор пе-  
 ределывается таким образом, что комбинация  
 ступени из 4 конденсаторов заменяется одним  
 конденсатором с теми же показателями, как и  
 комбинация четырех единиц. Замена уже произ-  
 ведена в части ступеней, несущих большие напря-  
 жения относительно земли, а в дальнейшем по-  
 добная же замена будет проведена по всем ступе-  
 ням. Выпрямление тока происходит при помо-  
 щи 2 кенотронов, дающих в сумме питающий по-  
 стоянный ток, при напряжении в 100 kV. Общая  
 емкость контура равна 0,008  $\mu\text{F}$ . Общая высота  
 генератора — 11 м. Помещение, в котором он на-  
 ходится, целиком деревянное, нечто вроде сплош-  
 ного навеса, обшитого досками. По словам пер-  
 сонала лаборатории осложнений в работе вследст-  
 вие весьма большой примитивности здания не  
 ощущается.

Этот генератор особенностей представляет ма-  
 ло, и после осмотра подобного же сооружения  
 ГЕС большого впечатления не производит.

Наряду с ним лаборатория имеет и импульсный  
 генератор тока, если не ошибаюсь, первый из  
 сконструированных в США образцов. Он также  
 является меньшим, чем подобный же генератор  
 ГЕС, и состоит из 8 ступеней с 8 конденсатора-  
 ми емкостью по 0,25  $\mu\text{F}$  в каждой; полная емкость  
 его, таким образом, выражается цифрой в 16  $\mu\text{F}$ .  
 Напряжение заряда — как и у генератора напряже-  
 ний, т. е. 100 kV. Изоляция относительно земли  
 очень мала. Весь генератор смонтирован на дере-  
 вянной платформе, на которой без особой изоляции укреплены

конденсаторные банки. Импульсная волна тока на нем достигает 150 кА при полной длине колебания в 200—300 мсес.

Весьма интересна работа, при которой имитируется мощный разряд молнии. Процесс работы таков: как генератор напряжения, так и тока полностью заряжаются; первым разряжается генератор напряжения, причем разрядом его пробивается один промежуток трехшарового разрядника генератора тока, после чего на объект испытания вслед за волной напряжения бросается волна тока. Примерное отставание последней от первой выражается около 1 мсес, отклонение же моментов амплитудной величины находится в пределах от 2 до 5 мсес. Разряд подобного характера был использован для проверки раскалывающего действия на дерево. Нормальный столб-опора при этом оказывался расколотым на щепы.

В лабораториях же Вестингауза я впервые в США увидел катодный осциллограф замедленного действия, который находит применение как в разрывной лаборатории, так и в лаборатории завода в Шероне. И здесь, как было указано выше в отношении лаборатории Метрополитен-Викерс, на осциллограмме удается отличить время порядка 10 мсес, при общей длине периода волны 60 Hz около 70 см. Однако тут этот осциллограф — однолучевой, переделанный из обычной конструкции Нориндера.

Еще меньшей является лаборатория импульсных испытаний фирмы Аллис-Чалмерс. Будучи построенной даже в деталях по образцу лаборатории в Шероне, она имеет максимальное напряжение в 2000 кV. Каждая ступень генератора состоит из 4 конденсаторов с напряжением заряда в 100 кV; таких ступеней — 20. Конденсаторы аналогичны таковым, примененным Вестингаузом. Катодный осциллограф типа Нориндера имеется и здесь, однако приспособления для замедленного движения пленки он не имеет. Область использования импульсного генератора этой фирмы — своя продукция, продукция инкорпорированных заводов (например Кондит) и ряда мелких трансформаторных фирм, не имеющих собственного испытательного импульсного оборудования. В этой лаборатории серьезных исследовательских работ, по видимому, не ведется, и она служит только целям текущей работы.

Программа исследовательских институтов ряда электротехнических фирм за границей недоступна для широкого ознакомления. Иногда тематика той или иной работы, продолжающейся годами, представляется не имеющей ничего общего с официальной программой института. Так например, проводятся работы чисто медицинского характера, изучается физиология организма, подверженного действию поля — электрического или электромагнитного, и все же все начатые работы заботливо доводятся до конца, поступая в случае невозможности их непосредственного использования в архив новых идей и обуславливая потенциальную научную мощь фирмы.

Понятно поэтому, что доступ в мозговой центр фирмы сопряжен с величайшими трудностями не только для посторонних фирме лиц, но даже и для работников заводов фирмы.

После длительных переговоров мне удалось не-

сколько ознакомиться с тематикой и состоянием ряда работ лаборатории GEC.

Ниже я даю краткую информацию о них в части тех разделов лаборатории GEC, в которых целевой установкой является проработка близких к электропромышленности вопросов. Основными такими областями являются изоляция, проблемы металлургического характера, область новинки в вакуумной технике, освещение, вопросы методики испытания некоторых видов продукции, проблемы передачи энергии постоянным током, проблемы дуги. Достижения института в этих областях иллюстрировались как объектами продукции так и осциллограммами, образцами и т. д.

В области изоляционных материалов работы исследовательского института GEC с 1932 г. даны очень много. Кроме отдельных, выходящих за пределы общей характеристики объектов, о которых я скажу далее, всю работу по линии изоляции можно было бы охарактеризовать таким подходом к вопросу, который позволил бы получить возможность предугадания состава сложных искусственных смол, удовлетворяющих поставленным заранее механическим и электрическим параметрам лака. В отдельных частях эта работа уже выполнена, и у фирмы есть основания ожидать, что вопрос будет разрешен и в самом общем принципиальном виде. Пока иллюстрирующим примером может служить систематическое снижение числа номенклатурных наименований изолирующих лаков. Если в конце 1931 г. таких наименований у фирмы было 85, то к концу 1932 и 1933 гг. они снижаются до 64 и 53 соответственно. Больше того, коренное изменение методов лакировки привело к ряду исключительных результатов. Так, если взять лаки 458 и 1678 (покровные, противосыровостные для обмоток машин), то в результате работ над способом лакировки и изменения рецептуры лака оказалось возможным во много раз повысить противосыровостные показатели машин, как можно видеть из следующих данных.

Лак 458 — старый, при старом методе лакировки определяет жизнь мотора в атмосфере тумана в течение 7 дней: тот же лак — старый, при новых методах лакировки дает длительность в течение 50 дней; лак 1678 — старый, новый способ лакировки — длительность 4 дня; тот же лак — новый, новый способ лакировки — длительность 70 дней.

Можно уже и теперь отметить ряд удачно решенных звеньев указанной выше проблемы. Сюда относятся белая и черная изоляции на основе искусственных смол, с полным отсутствием волокнистых веществ как механической защиты. Эта изоляция негорюча и не подвержена действию масла и влаги. Получена также прозрачная пленка для изоляции проводов в машинах с теми же характеристиками, что и выше. Найдена также черная эмаль для проводов с электрическими характеристиками не ниже обычных, но отличающаяся промадным повышением механических параметров. Она дает возможность обеспечить отсутствие разрыва ее до разрыва самого провода и не страдает при расплющивании провода, изолируемого ею. Получается она окунанием 5—6 раз провода в особый лак и постепен-



нарастанием изолирующего слоя при каждом окутании (общая толщина его 125—150  $\mu$ ).

О вопросах металлургии частично мне пришлось уже говорить в отношении новых сортов трансформаторной стали, с весьма пониженными потерями<sup>1</sup>. К этому надо добавить ряд достижений в области новых материалов для постоянных магнитов (никель-кобальтовые стали) с весьма большими значениями коэрцитивной силы и остаточного магнетизма. Найден новый материал в виде кобальто-бериллиевой бронзы, сравнимой по механической крепости со сталью, по электропроводности — с чистой медью. Ведутся, пока, однако, без положительных результатов работы по жароупорным металлам, могущим заменить никром и др., которые по мнению фирмы вообще не могут считаться разрешающими вопросы жароупорных материалов для электропечей, поскольку ряд их характеристик не дает возможности рациональной конструкции печи (слишком большой коэффициент линейного расширения). Повидимому, проведена большая работа и по сталям с избирательным направлением намагничивания.

В области вакуумной техники интересными являются работы по катодному осциллографу «с памятью». Этот прибор основан на сочетании осциллографа с заслонкой, закрывающей от фотоаппарата фосфоресцирующий экран, обладающий свойством задерживания светового эффекта в течение примерно 1 : 30 sec. Под действием реле, реагирующего на то или иное ненормальное явление, заслонка отклоняется, давая возможность заснять светящееся отображение на экране. Вследствие задерживающей способности изображения на фотопластине получается не только процесс, заставивший заслонку отклониться, но и несколько предшествовавших ненормальному явлению периодов. В данное время «память» распространяется на явления большой относительно длительности. Ведущиеся работы дают основание полагать, что будет найден и способ записи весьма кратковременных процессов, что даст возможность использовать этот прибор и для нужд детального изучения, например, процессов перенапряжений и других быстровозникающих и проходящих явлений.

В области кенотронной техники последними достижениями являются кенотронные трубки для напряжения в 150 kV с силой тока в 5 A, причем такая величина тока не является ни с какой стороны лимитирующей. Никаких физических препятствий для получения больших сил токов нет. Построены также трубки для напряжения 15 kV и сил тока 75 A: они используются для прорабатываемого в лаборатории задания — исследования процессов в линии передачи электрической энергии постоянным током высокого напряжения.

Построены рентгеновские трубки на рекордное напряжение 1000 kV с небольшими, однако, габаритами, что достигнуто погружением их в масло. Такая трубка должна быть установлена в Нью-Йорке в специальном рентгеновском кабинете. Жесткость лучей, которые будут ею даваться, будет примерно такова же, что и натурального

радия, что позволяет поставить вопрос о применении подобных трубок для лечения рака. В дальнейшем предполагается создать трубки на 2000 kV. Одновременно с медицинским назначением использования таких трубок повышение напряжения приводит и к дальнейшему прогрессу в области рентгенографического изучения металлов.

Параллельно с развитием техники кенотронных трубок вопрос идет и о построении высоковольтных ртутных выпрямителей. Граница напряжений существующих выпрямителей невелика, в ближайшем будущем область напряжений раздвинется до 15 kV. Параллельное изучение этих двух объектов — кенотронов и выпрямителей — сможет ответить на еще неясный вопрос о том, какой из этих двух аппаратов явится более приспособленным технически для целей передачи больших величин энергии на расстояние посредством линии передачи постоянного тока.

Задача передачи энергии постоянными токами упирается в ряд проблем, связанных с трансформацией напряжения. На непосредственную трансформацию постоянного тока из одного напряжения в другое приходится смотреть, как на несуществующую, по крайней мере сейчас. Поэтому, пока этот вопрос решается только путем применения трансформации через переменный ток. В данное время в лаборатории анализируется закономерность работы линии, построенной по принципу постоянства значения величины тока и переменности величины напряжения. Построена экспериментальная линия для напряжения в 15 kV, с использованием кенотронов. Ее схема: трехфазный ток — моноциклическая система — кенотроны — линия — кенотроны — моноциклическая система — трехфазный ток. Получен ряд в высшей степени интересных данных по работе линии в условиях холостого хода, нагрузки, к. з., выпадения кенотронов из работы.

Крайне важны работы по дуге. Они идут в основном по линии изучения процесса разряда при высоких давлениях. Более общей темой является именно тема изучения высоких давлений, и вопрос о дуге является лишь частным. Так же, как от работ по изучению разряда в вакууме были получены громадные по важности результаты, приведшие в конечном счете к радио, и от этих работ лаборатория ожидает много интересного и важного. В узком понимании дугового разряда, например в силовых выключателях, работы лабораторией не поставлены. Дуга же как физическое явление изучается со многих сторон. Одной из работ, повидимому, из числа важных, является работа о влиянии звуковых волн с крутым фронтом на устойчивость горения дуги. Есть мнение, что полачей резких звуковых импульсов можно дугу погасить.

Одновременно развивается работа по методике измерения температуры дуги при помощи измерения скорости прохождения через дугу звуковой волны. Диапазон давлений, в пределах которого дуга будет изучаться, крайне велик и простирается до 2000 ат.

Следует немного осветить еще вновь разработанный способ испытания кабелей. Если истинные характеристики кабеля давались только про-

веркой свойств кусков кабеля, бравшихся от реально изготовленного объекта, то теперь разработан способ испытания по методу подобия. Для этого, как указывается в отчете лаборатории, ею изготавливаются и испытываются малые образцы кабеля, причем на них и воспроизводятся все те испытания, которым должен подвергаться кабель реальный, по всей его длине. Не говоря о том, что этот способ дает возможность экономить большие суммы денег и сохранять большие количества продукции, он важен тем, что открывает область подобия, которая до сих пор в электротехнике не имела приложений. Как мне бы-

ло заявлено устно, этот метод не ограничивается только указанным видом продукции. Институт не считает, что перенесение его и на прочие виды электротехнической продукции является исключенным.

Изложенное выше, конечно, далеко не исчерпывает новых и важных работ института. Оно не исчерпывает всего виденного мною, однако в этом кратком изложении обрисовывается достаточно наглядно характер работ, которыми занят этот, один из наиболее квалифицированных ровых исследовательских электротехнических институтов.

## КОНЪЮНКТУРА МИРОВОЙ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

### Электрификация Франции в 1935—1936 гг.

В. И. Михайлов

Энергетический институт Академии наук СССР

**РАЗВИТИЕ** электрификации Франции в последние годы характеризуется некоторыми специфическими особенностями.

В то время как в большей части капиталистических стран под давлением экономического кризиса новое электростроительство было приостановлено, Франция продолжала в относительно значительном масштабе строить станции и сети. Характерной чертой современной энергетической политики Франции является стремление к более широкому использованию гидроэнергетических ресурсов. (Наиболее крупными объектами электростроительства в последние годы являются гидростанции.) Это непосредственно отражает усилившиеся тенденции во Франции к энергетической автаркии.

Основные угольные ресурсы страны расположены неблагоприятно в географическом отношении — в пограничных районах на севере. Угольный баланс страны дефицитен: около  $\frac{1}{3}$  годового потребления угля покрывается импортом<sup>2</sup>.

С другой стороны, в области энергетического использования ресурсов «белого угля» имеются еще довольно широкие возможности. По подсчетам J. Maroger, приводимым в его докладе на 3-й мировой энергетической конференции в 1936 г., возможная выработка гидроэнергии в круглых цифрах составляет:

На действующих станциях	— 10 млн. MWh
„ строящихся „	— 1 „ „
„ проектируемых „	— 24 „ „
Остальные неосвоенные гидроэнергетические ресурсы	— 10 „ „

Всего . . 45 млн. MWh

<sup>1</sup> Под руководством и редакцией В. И. Вейц.

<sup>2</sup> В 1930 г. добыча углей составляла 55,1 млн. т, потребление 86,4 млн. т, в 1935 г. соответственно 47,1 млн. т и 67,8 млн. т. Около 10% импортируемого угля сжигается на электростанциях.

Эта цифра почти в 3 раза превышает современную выработку централизованного сектора электроснабжения Франции.

Однако важнейшие гидроэнергетические ресурсы, так же как и угольные, преимущественно (кроме Центрального массива на периферии — в предгорьях Альп и Пиренейских гор, вдали от крупных центров потребления) Этим объясняется форсированное сооружение высоковольтных линий передач, которое проводилось в последние годы параллельно с сооружением ряда мощных гидростанций.

Новое электростроительство имеет существенное значение также с точки зрения оборонной страны, создавая значительный резерв мощностей и обеспечивая питание электроэнергией промышленных районов от разных генерирующих центров.

Следует отметить, что сооружение новых станций и сетей проводилось, несмотря на то, что сократившаяся вследствие кризиса выработка электроэнергии (1931—1932 гг.) в последующие годы депрессии возрастала медленным темпом.

Сдвиги в приходной части электробаланса период 1929—1935 г. представлены в табл. 1.

Официальная энергетическая статистика Франции охватывает станции общего пользования и промышленные станции, отпускающие электроэнергию в сети общего пользования. Выработка энергии на остальных фабрично-заводских установках не учитывается. Однако удельный вес последних в суммарном электробалансе страны сравнительно небольшой. По частным оценкам статистика охватывает около 88%<sup>3</sup> общей выработки всех электростанций.

В электробаланс входит некоторое количество энергии, импортируемой из-за границы, главным образом, из Швейцарии. Экспорт электроэнергии из Франции незначителен.

Таблица 1

Годы	Производство			Им-порт	Экс-порт	Электро-баланс
	тепловые станции	гидро-станции	всего			
в тыс. MWh						
1929	8210	6142	14 352	606	123	14 835
1930	8463	6876	15 339	536	101	15 774
1931	8381	5851	14 232	608	97	14 743
1932	7708	5884	13 592	630	96	14 126
1933	8241	6665	14 906	579	70	15 415
1934	7977	7195	15 172	—	—	15 669
1935	—	—	Ок.15703*	—	—	—

\* Оценка.

Данные в таблице подчеркивают все возрастающую роль гидроэнергии. Удельный вес гидро-станций в суммарной годовой выработке электроэнергии увеличился от 43% в 1932 г. до 47,5% в 1934 г. В 1935 г. по предварительным сведениям доля гидростанций составляет уже 51,5%. Характерно при этом, что в 1934 и 1935 гг. выработка тепловых станций сокращалась не только в процентном выражении, но и по абсолютной величине.

Цифры месячной выработки за 1936 г. демонстрируют дальнейшее усиление роли гидроэнергии. За 9 мес. (январь — сентябрь) текущего года производство на 68 крупнейших электростанциях<sup>4</sup> увеличилось по сравнению с соответствующим периодом 1935 г. на 2,9%. Этот прирост идет исключительно за счет гидростанций; тепловые станции за это время произвели меньше электроэнергии, чем в прошлом году.

Кривые общей месячной выработки упомянутого круга станций за 1934—1936 гг. изображены на рис. 1.

Отмеченный выше рост выработки гидроэнергии является результатом ввода в эксплуатацию в течение последних лет ряда новых гидро-станций. В числе этих станций необходимо отметить как наиболее мощные следующие:

Название станций	Название реки	Год пуска	Число и мощность агрегатов в тыс. kVA
Kembs . . . . .	Рейн	1932	6 × 31
Brommat . . . . .	Трюйер	1933	6 × 32,5
Sarrans . . . . .	—	1935	3 × 34
Marèges . . . . .	Дордонь	1935	4 × 37,5
Sautet . . . . .	Драк	1935	6 × 11,25 MW

Особый интерес с технической стороны представляет станция Brommat, расположенная под землей на глубине 250 м. Эта станция по целому

<sup>4</sup> Удельный вес этих станций в выработке станций общего пользования (включая фабрично-заводские, отпускающие энергию в сети общего пользования) составляет 70—72%.

ряду факторов имеет существенное значение с точки зрения задач обороны страны.

Из новых тепловых станций наиболее значительной является St. Denis II в районе Парижа<sup>5</sup>, вступившая в работу в качестве основной станции в конце 1933 г.

Первая очередь имеет мощность в 160 MW ( $3 \times 50$  MW и  $2 \times 5$  MW); параметры пара — 70 atm и 450—480°. Полная проектная мощность станции — 400 MW.

Динамику роста установленной мощности электростанций<sup>6</sup> за 1929—1935 гг. иллюстрирует табл. 2.

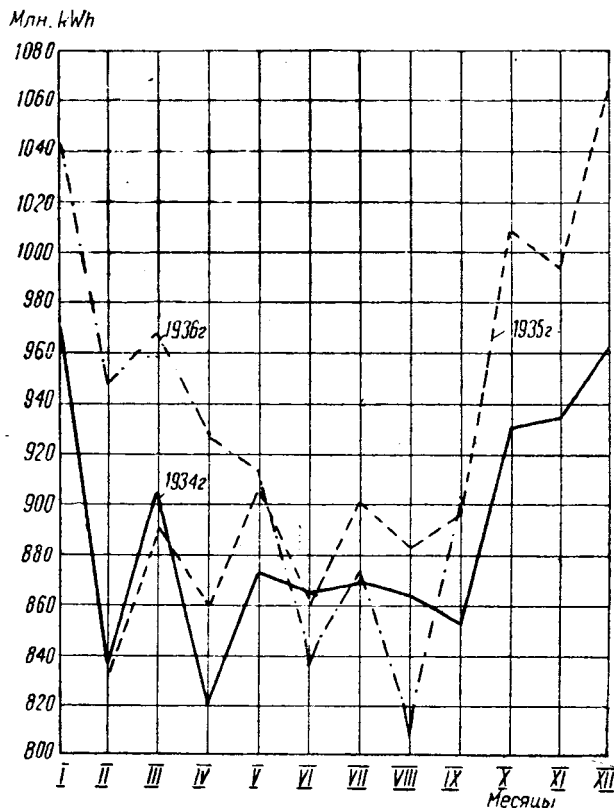


Рис. 1. Динамика месячной выработки электроэнергии

Удельный вес гидростанций в суммарной установленной мощности увеличился от 28% в 1929 г. до 32,5% в 1934 г., повышаясь приблизительно до 34% в 1935 г.

<sup>5</sup> В районе Парижа сосредоточена мощность в 1667 MW (1935 г.), т. е. около 1/4 мощности всех тепловых станций общего пользования в стране.

<sup>6</sup> В энергетической статистике Франции наряду с установленной мощностью обычно приводятся цифры «располагаемой мощности». Термин «установленная мощность» означает общую номинальную мощность генераторов, исключая генераторы собственных нужд. Под «располагаемой мощностью» тепловых станций подразумевается общая мощность генераторов (обеспеченная производительностью котлов), могущих работать одновременно. Для гидростанций «располагаемая мощность» означает мощность, вычисленную по расходу воды за средний год при к. п. д. 70%.

Располагаемая мощность, конечно, значительно меньше установленной. В 1933 г., например, располагаемая мощность тепловых станций составляла 4867 MW и на гидро-станциях — 1369 MW, всего — 6236 MW.

Таблица 2

Годы	Суммарная мощность	В том числе	
		тепловые станции	гидро- станции
		в MW	
1929 . . . . .	7 560	5 440	2 120
1930 . . . . .	7 921	5 593	2 328
1931 . . . . .	8 653	6 211	2 442
1932 . . . . .	9 643	6 725	2 918
1933 . . . . .	10 160	6 954	3 206
1934 . . . . .	10 418	7 097	3 321
1935 . . . . .	Ок. 10 600**	—	—

\*\* Оценка.

Генерирующая электрическая мощность Франции за последние 5 лет (1930—1935 гг.) возросла на 2,7 тыс. MW. За этот период прирост мощности в США<sup>7</sup> составляет 1,5 тыс. MW, в Англии лишь 0,9 тыс. MW<sup>7</sup>.

Германия за тот же период ввела около 0,7 тыс. MW на всех станциях. В 1930 г. мощность электростанций Франции, охватываемых статистикой, составляла лишь 60% по отношению ко всем станциям Германии, в 1935 г. это соотношение повышается примерно до 77%.

Таким образом по своей потенциальной электрооруженности Франция довольно близко подошла к Германии, в то время как ее электробаланс приблизительно в 2, 3 раза меньше Германии.

Наряду со строительством новых станций в последние годы проведена большая работа по сооружению высоковольтных сетей. Протяженность

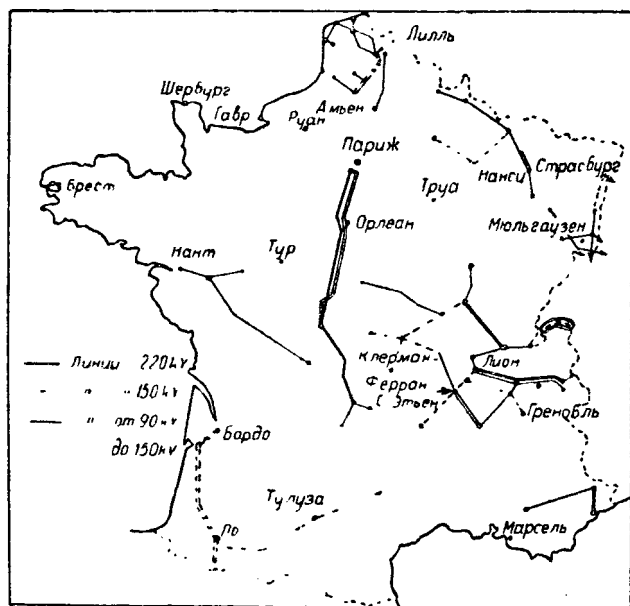


Рис. 2. Схема высоковольтных сетей Франции в 1931 г.

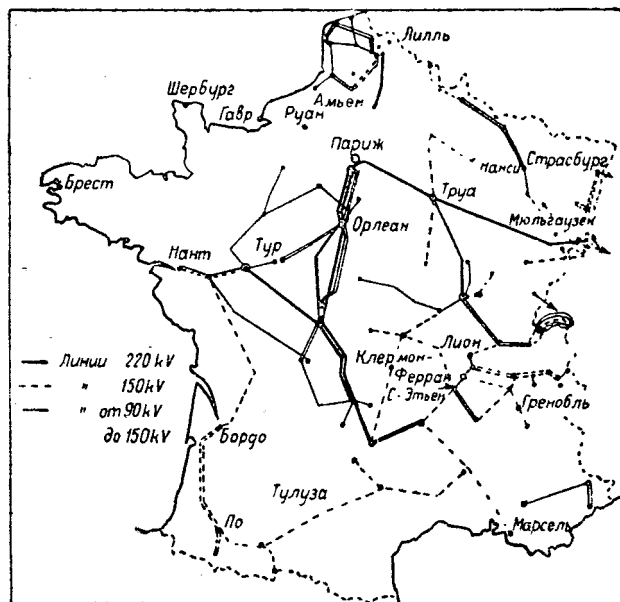


Рис. 3. Схема высоковольтных сетей Франции в 1936 г.

220 kV линий передачи возросла от 422 km в 1932 г. до 1680 km в 1935 г. Общая длина высоковольтных линий напряжением от 33 kV и выше в 1935 г. составляла 16 366 km.

Развитие сетей высоковольтных линий передачи за последние 5 лет наглядно видно при сопоставлении схематических карт, изображающих сети напряжением 90, 150 и 220 kV (рис. 2 и 3) в 1931 и 1936 гг. Сооружение этих сетей открывает возможности параллельной работы тепловых станций и гидростанций с разным режимом.

В частности, район Парижа получает питание энергией, помимо тепловых станций, расположенных в пределах района, также от гидростанций на Рейне, в Альпах и в Центральном массиве.

Состав сетей на 1/1 1934 г. был следующий (табл. 3).

Таблица 3

Категория сетей по напря- жению <sup>8</sup>	Протяженность в km		
	воздуш- ная сеть	кабель	всего
Низкого напряжения . . . . .	212 874	8 529	221 403
Среднего " . . . . .	194 166	16 389	210 555
Высокого " . . . . .	15 500	479	15 979

Следует особо отметить прокладку в 1936 г. подземного кабеля с масляным наполнением на рекордное напряжение в 220 kV на участке в 18 km от станции St. Denis II в Парижском районе до подстанции Clinchy-sous-Bois, где кабель соединяется с воздушной линией того же напряжения, идущей к гидростанциям на востоке.

Сооружение этого кабеля, хотя и на небольшом участке, продиктованное техническими соображениями, вместе с тем имеет большое принципиальное значение с точки зрения оборонных задач.

<sup>7</sup> Станции общего пользования.<sup>8</sup> Сети низкого напряжения до 600 V постоянного тока и до 250 V переменного; сеть среднего напряжения от 600 V до 60 kV постоянного и от 250 V до 33 kV переменного тока, сети высокого напряжения свыше 60 kV постоянного и свыше 33 kV переменного тока.

Структуру потребления электроэнергии демонстрирует табл. 4 (в тыс. MWh).

Таблица 4

Годы	Потребители					Потери в сетях	Всего
	Ток низкого напряжения		Ток высокого напряжения				
	освещение и быт	мелкомоторная нагрузка	промышленность	электрохимия и электрометаллургия	транспорт		
в тыс. MWh							
1929	1260	967	6837	2874	904	2054	14 836
1930	1428	1018	7331	2934	924	2139	15 774
1931	1526	1009	6980	2232	950	2035	14 742
1932	1574	945	6509	1854	934	2310	14 126
1933	1650	969	7070	2162	919	2615	15 415
1934	1791	969	7105	2188	936	2680	15 669

Основным потребителем является промышленность, удельный вес которой, исключая электрохимию и электрометаллургию, в 1934 г., составлял 45%. Электрохимия и электрометаллургия потребляет около 14%. Удельный вес бытового потребления весьма небольшой — 11,5%. На долю мелкомоторной нагрузки приходится около 6%, на ж.-д. транспорт — 6%. Потери составляют около 17% электробаланса<sup>9</sup>.

Спрос промышленности на электроэнергию в 1934 г. был абсолютно и относительно все еще несколько ниже 1930 г.

Несмотря на рост протяженности электрифицированных ж.-д. линий (длина электрифицированных ж.-д. линий возросла от 1303 km в 1929 г. до 1076 km в 1934 г.), потребление энергии для ж.-д. транспорта оставалось за последние годы почти стабильным. Это объясняется сокращением трамвайных линий в Париже, в связи с постепенным переходом на автобусный транспорт.

Единственная категория потребителей, роль которой в расходной части электробаланса медленно, но непрерывно увеличивалась — это освещение и бытовые нужды.

Душевое потребление электроэнергии в больших городах (1934 г.) иллюстрируют данные табл. 5.

Наиболее высокое душевое потребление отмечается в промышленных городах, например, Клермон Ферран — 752 kWh, в Туркуэне — 538 kWh, в Мюльгаузене — 491 kWh в год.

Около 1/7 всего потребления электроэнергии стране приходится на район Парижа.

Прогресс электрохозяйства Франции в последние годы может быть в значительной степени характеризован динамикой синтезирующего показателя работы тепловых электростанций — среднего расхода топлива, который дал существенное снижение, несмотря на относительно высокий уровень использования оборудования электростанций.

В результате развития сетей удельный вес потерь электроэнергии увеличился от 13,8% в 1929 г. до 17% в 1934 г.

Таблица 5

Название городов	Число жителей района в тыс.	Душевое потребление эл. энергии	В том числе ток низкого напряжения	
			освет. и быт. нагрузка	мелкомоторн. нагрузка
		в kWh/год		
Париж . . . . .	4934	366	95	33
Марсель . . . . .	801	206	59	8
Лион . . . . .	662	351	90	177
Бордо . . . . .	263	286	122	50
Ницца . . . . .	220	236	122	31
Лилль . . . . .	202	426	52	15

Средний удельный расход топлива за период 1932—1935 гг. (табл. 6) сократился по всем тепловым станциям централизованного сектора электроснабжения на 14%, а по станциям Парижского района на 22,2%.

Таблица 6

Годы	Удельный расход топлива в kg/kWh	
	все станции общ. пользования	парижский район
1932 . . . . .	0,844	0,704
1933 . . . . .	0,776	0,627
1934 . . . . .	0,726	0,554
1935 . . . . .	0,726	0,549

По среднему удельному расходу топлива Франция приближается к Англии, где этот показатель по станциям общего пользования составлял в 1934 г. 0,717 kg/kWh и в 1935 г. — 0,699 kg/kWh.

Среднегодовое число часов использования установленной мощности электростанций общего пользования Франции (табл. 7) было и до кризиса чрезвычайно низко (в 1929—1900 h — 21,6%). В последние годы коэффициент использования еще более снизился в тесной связи с тем, что кривая роста мощности электростанций опережает кривую выработки электроэнергии.

Это обстоятельство в свою очередь подчеркивает высказанные выше соображения о том, что ввод новых мощностей в последние годы был связан с созданием оборонного резерва.

В этом же плане следует отметить ряд декретированных в 1935—1936 гг. мероприятий, проводящих в жизнь идеи усиления государственного регулирования электрохозяйства. Согласно прежним законам для строительства гидроэлектростанций было необходимо получение специальных концессий, но тепловые станции могли сооружаться без особых разрешений. Новый закон требует санкции министерства общественных работ также и для постройки и расширения тепловых станций мощностью от 1 MW. Импорт электроэнергии из-за границы в дальнейшем может производиться лишь на основе специального разрешения.

Таблица 7\*\*\*

Годы	Среднегодовое число часов использования		
	тепловые станции	гидро-станции	среднее по всем станциям общего пользования
1929 . . . . .	1510	2900	1900
1930 . . . . .	1515	2950	1935
1931 . . . . .	1350	2400	1645
1932 . . . . .	1145	2020	1410
1933 . . . . .	1185	2080	1466
1934 . . . . .	1120	2170	1455
1935 . . . . .	—	—	1480

\*\*\* Приводимые в табл. 6 подсчеты сделаны, исходя из установленной мощности. Вычисления, основанные на располагаемой мощности, дали бы, разумеется, более высокие числа часов использования.

Новый закон отражает также тенденцию к концентрации электроснабжения в руках наиболее крупных компаний<sup>10</sup>.

Все вопросы, касающиеся электрохозяйства, — намечаемые законодательные и административные мероприятия, строительство и расширение станций и сетей, тарификация и т. д. — будут предварительно обсуждаться в создаваемом специальном органе — Высшем совете по электрификации (Conseil supérieur de l'électricité).

Эти мероприятия в свою очередь свидетельствуют о росте социально-экономических противо-

<sup>10</sup> Наряду с этим в законодательном порядке проведено снижение тарифов на электроэнергию, отчасти за счет понижения заработной платы персонала электростанций.

речий в развитии электрохозяйства Франции с одной стороны, и об усилении тенденций к энергетической аварии — с другой стороны.

Необходимо также особо отметить значение приведенных в этой статье данных о развитии французского электрохозяйства за последние годы в свете задач, стоящих перед этой важной отраслью в деле обороны страны, в особенности учитывая мероприятия по мобилизации электрохозяйства фашистской Германии для лихорадочной подготовки войны<sup>11</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Annuaire Statistique de la France, 1935.
2. Statistical Yearbook of the W. P. C., 1936.
3. Arist. de Antoine. Rationalization of distribution of electricity. Third World Power Conference, 1936.
4. Pierre Ailleret et Jean Fallon. Intergration par région des moyens de production et d'exploitation des entreprises d'électricité livrant à des tiers. Third World Power Conference, 1936.
- 4a. Jean Maroger. Planned Utilization of Water Resources. Third W. P. C., 1936.
5. Le Génie Civil, 1935, tome CVI, № 14.
6. Revue générale de l'électricité, 1935, 16 нояб.; 1936, 6 и 15 авг. и др.
7. L'Industrie électrique, 1935, 10/II и 10/IX, 1936, 10/IX.
8. Revue de l'électricité et de mécanique, 1936, июль-август.
9. Electrical Review, 1936, 3 апр. и 14 авг.
10. Combustion, 1936, сентябрь.
11. ETZ, 1933, № 29; 1934, № 23; 1935, № 8.
12. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 1936, № 13 и 14.
13. Elektrizitätsverwertung 1936, № 5 и № 6.
14. Elektrizitätswirtschaft, 1935, № 19; 1936, № 6 и № 20.
15. Archiv für Wärmewirtschaft, 1936, № 11.
16. L'Energia, Electrica, 1935 март.

<sup>11</sup> Германия, как известно, уже перевела электрохозяйство на военные рельсы. Этот вопрос, представляющий особый интерес, заслуживает быть темой специальной статьи

## ХРОНИКА

### Районные электростанции Главэнерго выполнили годовой план

*ЦК ВКП(б) — товарищу СТАЛИНУ  
Совет Народных Комиссаров СССР — товарищу МОЛОТОВУ  
Народному комиссару тяжелой промышленности — товарищу  
ОРДЖОНИКИДЗЕ*

Районные электростанции Главэнерго 22 декабря утром закончили выполнение годового плана по выработке электроэнергии — 22 065 млн. киловатт-часов.

К соответствующему периоду 1935 г. выработка электроэнергии увеличилась на 4516 млн. киловатт-часов, или на 25,7%.

До конца текущего года районные электростанции Главэнерго дадут народному хозяйству Советского союза сверх плана 700 млн. киловатт-часов электроэнергии.

Начальник Главэнерго **К. Ловин**

Зам. начальника Главэнерго **С. Игнат**  
Вологодская областная универсальная научная библиотека  
www.booksite.ru

## Электрооборудование самолета АНТ-25

Применение электрической энергии в последнее время активно внедряется на самолетах. Если ранее основным потребителем электроэнергии на самолетах было, главным образом, освещение, то в настоящее время потребители электроэнергии настолько разнообразны и значение их в самолетной практике настолько существенно, что вопросы источников электропитания на самолетах начинают играть первостепенную роль.

Электрооборудование самолета АНТ-25, на котором в недавнее время героями Советского союза тт. Чкаловым, Беляковым и Беляковым произведен дальний перелет Москва — Николаевск-на-Амуре — Москва, наглядно подтверждает сказанное. Основные потребители электроэнергии на самолете АНТ-25 следующие: кабинное освещение, питание радиостанций (передающей и приемной), аэронавигационные огни, обогрев приборов, подъем и выпуск шасси, сигнальное освещение, заряд аккумуляторной батареи.

При наличии таких потребителей с относительно большой установленной мощностью вопрос выбора источника питания решается вполне определенно в пользу генератора постоянного тока. Питание с помощью аккумуляторной батареи, конечно, не может рассматриваться сколько-нибудь серьезно, так как элементарный подсчет расхода энергии, в особенности при длительных полетах, показывает, что для обеспечения всех потребителей потребуются очень емкие и тяжелые батареи, что возможность применения их на самолете исключается.

В качестве привода генератора используется самолетный мотор, соединенный с генератором через редуктор. Применявшийся ранее ветряной привод не может считаться в настоящее время рациональным, так как при увеличившихся скоростях самолетов установленная на крыле машина представляет большое лобовое сопротивление и понижает эксплуатационные качества самолета. Применение привода генератора от независимого двигателя может быть допущено при больших мощностях генератора на крупных самолетах типа М. Горький, так как лобовая установка имеет значительный вес и габариты. Генератор, установленный на самолете АНТ-25 (рис. 1), имеет следующие данные: номинальное напряжение — 12 В, мощность длительная — 500 W, числа оборотов — 2000—3000 в мин., вес — 12,8 kg.

Мощность 500 W генератор может отдавать при любых оборотах в заданном диапазоне. Генератор допускает кратковременную перегрузку примерно на 50% сверх его номинальной мощности. Привод генератора от самолетного мотора имеет своим следствием то, что во время старта, при посадке и при работе мотора, на низких оборотах генератор может не давать нужного напряжения. Вследствие этого в общую схему электрооборудования самолета введена аккумуляторная батарея, имеющая своим назначением обеспечить необходимой энергией потребителей при старте при посадке, а также снимать пики при разнообразных нагрузках.

Применение генератора с приводом от самолетного мотора, т. е. работающего с переменным числом оборотов, параллельно с аккумуляторной батареей требует применения на самолете ряда автоматов, в числе которых можно назвать следующие: регулятор напряжения, имеющий назначение поддерживать напряжение в известных пределах постоянным при изменении оборотов и нагрузки; регуля-

тор напряжения применен электромагнитный, вибрационного типа; минимальное реле, имеющее назначением отключать и приключать генератор к аккумуляторной батарее для параллельной работы; реле, снабженное специальной обмоткой для уменьшения величины обратных токов; максимальное реле, имеющее назначение ограничить ток, отдаваемый генератором, и защитить генератор от опасных перегрузок и аварийных токов. Максимальное реле — электромагнитное, вибрационного типа. Реле отрегулировано на ток, превышающий номинальный примерно на 50%. Это последнее имеет целью максимально использовать генератор при кратковременных перегрузках.

Наличие вибрационного регулятора напряжения, работа которого основана на разрыве цепи возбуждения частотой примерно 100—150 Hz, создает высокочастотные колебания, мешающие радиоприему. Для уменьшения радиопомех и их локализации в регуляторной коробке предусмотрены высокочастотные фильтры, состоящие из системы конденсаторов и высокочастотных дросселей.

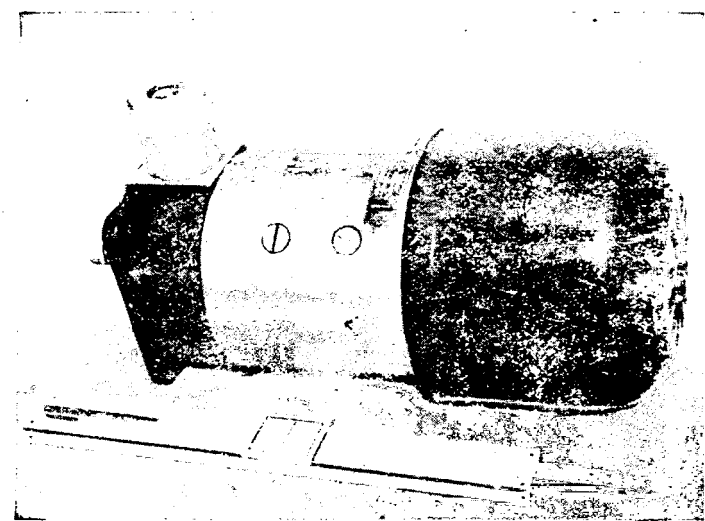


Рис. 1. Генератор фирмы Rotax типа AT-157 с приводом от ветрянки (12 В, 150 W, 3500/4000 об/мин)

Кроме генераторов и регуляторной коробки, предназначенных для питания бортовой сети самолета, на самолете были установлены два умформера, преобразовавшие постоянный ток напряжения 12 В в постоянный ток более высокого напряжения. Умформеры со своей генераторной стороны питали анодные цепи приемника и передатчика. Питание анодной цепи приемника производилось от умформера полезной мощностью 10 W и напряжением 200 В. Для сглаживания пульсаций умформер был снабжен фильтрами, собранными по специальной схеме. Питание анодов передатчика производилось от умформера полезной мощности 120 W и напряжением 750 В.

А. К. Голдобенков



# БИБЛИОГРАФИЯ

**A. H. PACKER.** Motor Tune-up, High Speed Ignition, Auto Radio Noises and Electrical Trouble Shooting on the Motor Car and Airplane. 3 изд. A. H. Packer, Chicago 1935, XIV+586 стр., 353 рис., ц. 4 амер. дол.

Книжную литературу на всех языках по электрооборудованию автомобилей все еще никоим образом нельзя назвать богатой. Литература же, занимающаяся вопросами электрооборудования самолетов и дирижаблей, ограничивается пока что почти исключительно одними лишь статьями в периодических изданиях, насчитывая всего-навсего лишь 2—3 книги. При таких обстоятельствах книга, посвященная этим двум циклам вопросов, заслуживает особого внимания всех лиц, работающих в данной области.

С этой точки зрения разбираемый труд, — тем более что он выдержал за короткий срок уже целых 3 издания, — представляет несомненный интерес не только для низшего электротехнического персонала, для которого его предназначал автор в первую очередь, но и для лиц более высокой квалификации. Книга содержит преимущественно практические сведения относительно устройства и принципов действия различных частей электрооборудования автомобилей и самолетов. Кроме того, — и в этом главная ценность книги, — подробно излагается уход за электрооборудованием и способы устранения наиболее часто встречающихся повреждений его.

Автор дает читателям известный минимум теории, необходимый для понимания трактующихся явлений. Эти теоретические сведения сконцентрированы в нескольких специальных разделах. Первые главы посвящены основным законам электрической цепи, которые автор сумел изложить особенно ясно и наглядно, не впадая в то же время в вульгарное упрощенчество. Главы 6—31 содержат подробнейшие сведения о зажигании различных систем. Главы 32—35 трактуют аккумуляторы, сухие элементы и измерительные приборы. В главах 36—38 разбираются стартерные

устройства, а в главах 39—49 всесторонне рассматриваются генераторы и преобразователи. Глава 50 посвящена фарам, а главы 51—52 — производству испытаний и устройству испытательной лаборатории.

Авиационному электрооборудованию уделена значительно меньшая часть книги — последние 6 глав ее. Благодаря этому многие вопросы современного электрооборудования аэроплана остались здесь совершенно незатронутыми (и чего не сказано об электронагревательных приборах, электронавигационных приборах, электрооборудовании винтовой моторной группы, электрических грузоподъемных устройствах на самолетах и др.). Это, конечно, весьма досадная пробела. Тем не менее книга обладает крупными достоинствами. Автор в совершенстве знает практические свойства описываемых элементов электрооборудования и мастерски описывает, как они устроены и как с ними нужно обращаться в эксплуатации. Со свойственным американским авторам умением, изложение иллюстрируется рядом прекрасно подобранных наглядных фигур и таблиц. Особенно удачны таблицы, облегчающие быструю локализацию того рода повреждений, выяснение и устранение их причин. В конце каждой главы помещен ряд вопросов для проверки усвоения прочитанного, а в конце книги на все вопросы даны ответы. Несмотря на отмеченную выше некоторую скудность сведений по самолетному электрооборудованию, книге следует дать положительную оценку, признать ее заслуживающей перевода на русский язык. Она содержит много ценного практического материала, полезного для подготовки наших автомобильных и авиационных кадров.

**В. П. Хашинский**

## ELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE USSR. Intra Publishing Society, 1936

Книга составлена Энергетическим институтом им. Кржижановского при Академии наук СССР под руководством члена-корр. Академии наук В. Вейца и под редакцией акад. Г. М. Кржижановского, акад. А. В. Винтера, члена-корр. Академии наук М. А. Шателена, Ю. Н. Флаксермана, М. И. Рубинштейна и В. Вейца, 496 стр. и 105 рис. и карт. Издана Комитетом СССР по международным научным и техническим конференциям.

Рецензируемая книга, изданная на английском языке, представляет сводный доклад, подготовленный по поручению Комитета СССР по международным научным и техническим конференциям для Вашингтонской мировой энергетической конференции, состоявшейся в сентябре 1936 г., посвященной узловым технико-экономическим и экономическим вопросам энергетической политики в разных странах.

Этот капитальный труд состоит из двух частей.

В первой части дается сводка и развернутый анализ основных принципов плановой электроэнергетики в СССР, а во второй излагаются основы перспективного планирования энергосистем.

Первая глава первой части, составленная В. Вейцом, начинается с анализа особенностей развития электрификации СССР, выгодно отличающейся от электрификации капиталистических стран своим плановым началом и своей основной установкой служит технической базой социалистической экономики страны, установкой, выдвинутой вдохновителем нашей электрификации — В. И. Лениным.

В этой главе рассмотрены технико-экономические сдвиги в балансе энергетических ресурсов и в электробалансе народного хозяйства. Специальные

изучению особенностей реконструкции и развития электрической базы страны и строительству электроэнергетической системы во второй пятилетке. Основные экономические и технические проблемы плановой электрификации в этой главе рассмотрены в сравнительном разрезе с состоянием и тенденциями развития электрификации передовых стран мира.

Вторая глава, составленная А. Пробстом, посвящена основному изложению состояния и реконструкции нашего топливоснабжения. Этот вопрос рассматривается под углом зрения разрешения топливно- и энергоснабжения, как одного из целого в общегосударственных рамках, и, кроме того, указываются пути разрешения этого вопроса для отдельных районов нашего Союза. Следующая глава, принадлежащая Ю. Н. Флаксерману, освещает техническую политику проектирования и строительства паровых электрических станций.

В этой главе дана техническая и технико-экономическая характеристика наших электростанций и электросетей.

Четвертая глава, авторами которой являются В. Якуб, Б. Шифринсон и Л. Берман, посвящена теплоэлектроцентралям и тепловым сетям. Эта глава трактует как общие проблемы теплофикации, так и конкретные вопросы развития теплоэлектроцентралей и теплосетей.

В пятой главе, составленной Т. Золотаревым, дана характеристика наших гидроэнергетических ресурсов и технической политики проектирования и строительства наших гидроцентралей. В главе обобщен опыт эксплуатации гидроцентралей и их работы в энергосистемах.

Наконец, в последней главе первой части (автор В. Вейц, Е. Русаковский, С. Кукель-Краевский и Т. Золо

тарев) на примере Днепровской станции дан развернутый анализ того, как в плановом хозяйстве разрешение энергетических вопросов неразрывно связывается с общими народнохозяйственными задачами целых областей.

В главе освещены следующие основные вопросы: «Дгэц — основа нового промышленного комплекса электромеханических производств; — энергобаланс днепровского промышленного комплекса; Дгэц — основа реконструкции транспорта, сельского хозяйства и строительства социалистического города; Дгэц — в южной электросистеме и ее роль в строительстве электроэнергетической системы европейской части СССР.

Вторая часть более отвлеченная по своему содержанию. Эта часть подводит теоретическую базу для решения узловых вопросов планирования энергетических систем. В главе: «Основные вопросы развития электроэнергетических систем», принадлежащей С. Кукель-Краевскому и Е. Руссаковскому, дается классификация систем и методы изучения развития сложных энергосистем как в части производства, так и в части распределения энергии.

В следующей главе, принадлежащей тем же авторам и В. Болотову, разбираются вопросы о структуре и размещении генерирующих мощностей в сложных энергосистемах; технико-производственные связи электросистем с на-

родным хозяйством района; влияние структуры системы на размещение мощностей. Выводы не выходят за пределы общих положений.

Отдельная небольшая глава (Ф. Лашкова и Е. Руссаковского) посвящена высоковольтным сетям в сложных электроэнергетических системах, технико-экономическим факторам создания маневренных электропередач 110 и 220 кВ.

Наконец, последняя глава второй части (написанная Е. Руссаковским) освещает промашное экономическое значение для СССР комплексного использования крупных гидроэнергетических баз, проблемы Большой Волги, Большого Дняпра, Сулака, мощных водных магистралей Сибири: Иртыша, Ангара, Енисея.

Подводя итоги книги в целом, следует признать, что особенный интерес представляет первая часть, исследующая богатый материал об особенностях строительства и развития плановой электрификации в СССР и демонстрирующая торжество ленинской теории электрификации.

Было бы крайне желательно, чтобы эта часть книги была издана с необходимой переработкой также на русском языке для ознакомления с нею широких технических кругов.

К. А. Круг

**ЗАМЕНИТЕЛИ ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛОВ.** Сборник статей под общ. ред. А. Ю. Шпирта. М.—Л., Стандартгиз, 1936, 241 стр., 69 илл., 10000. Моск. инженерно-эконом. инст. им. С. Орджоникидзе, 1. 5 р. 25 к. <sup>1</sup>

Книга является сборником статей работников научно-исследовательских институтов и заводских лабораторий. В этих статьях освещены достижения лучших заводов и научно-исследовательских институтов в области производства заменителей изоляционных электроматериалов (вопросам замены проводниковых и магнитных материалов будет посвящена специальная работа) и намечены пути замены ряда дефицитных электроматериалов избыточными.

В книге всего девять статей:

В I статье в введении, составленном доц. А. Ю. Шпиртом, достаточно полно говорится: 1) о важности проблемы замещения для нашей промышленности и в первую очередь для электропромышленности; 2) о правильном понимании производства и применения заменителей в отношении качества изделий; 3) приводится ряд статистических данных, иллюстрирующих огромную роль заменителей в экономии цветных металлов по заводам Главэнергпрома и мировой промышленности, и 4) о неразрывности внедрения заменителей в народное хозяйство с вопросами стандартизации изделий и материалов.

Во II статье «Минеральная изоляция», доц. В. М. Тареева дается сравнительные общие характеристики минеральной изоляции и органических материалов в отношении теплоустойчивости, старения, химической стойкости и теплопроводности. Приведены структурные формулы некоторых минералов. Основное внимание в статье обращено на материалы, еще не получившие в нашей технике широкого использования, как заменители, а именно: кварц, базальт, тальк, асбест и пр.

В III статье «Рационализаторские работы и заменители в области слюдяной электроизоляции» Л. А. Эпштейна и С. Е. Кузина (опыт Электрокомбината им. Куйбышева и МЭИЗ) описываются работы и достижения электрозавода и завода МЭИЗ: 1) в области производства и использования различных миканитов из нестандартных слюд и отходов, получающихся при обработке слюды, 2) в направлении увеличения процента готовой слюды из горных пород и 3) в применении неочищенной слюды при изготовлении миканитов.

В IV статье «Применение неочищенной щипаной слюды в миканитах» Е. К. Лашева и Н. Н. Зубарева описываются лабораторные опыты и ползаводские испытания разных способов обработки слюды и изготовленных миканитов по данным института прикладной минералогии.

В V статье «Термостойкий миканит на растворимом стекле» Е. К. Лашева и А. И. Щименко описываются опыты и

достижения в области изготовления термостойкого миканита на растворимом стекле, не изменяющемся в отношении механической прочности при воздействии на него высоких температур.

VI статья «Электротехнический сланец» Е. К. Лашева, В. С. Скозובה и Б. М. Тареева. Статья посвящена испытаниям образцов шиферов (кровельный сланец) Ларского, Штеровского, Атиянского и Тамировского месторождений, проведенным в лабораториях электроматериалов МЭИ и Мосэнерго и на заводе «Электросвет», и даны выводы относительно физико-химических, электрофизических и механических свойств шиферов; приведены также описания районов и способов добычи кровельных сланцев и производства электротехнического сланца.

В VII статье «Ацетилцеллюлоза в электротехнике» И. М. Гольдмана дано описание изготовления и испытания лака и пленки для высоковольтной изоляции, изготовленных на основе ацетилцеллюлозы, и сравнение диэлектрических свойств ацетилцеллюлозной пленки с микалентой с целью использования для изоляции электрических машин.

В VIII статье «Производство эмалированной проволоки и проводов» В. А. Привезенцева вместе с последними достижениями в области эмалирования даны сведения о рецептурах основных эмальлаков, технологии производства, приводится характеристика свойств эмаль-провода и т. п., а также сравнительная оценка проводов и шнуров с резиновой и эмалевой изоляцией.

Наконец, в последней статье IX «Вольтолизация минерального масла» Н. Г. Дроздова даны описания испытаний и выводы относительно изменения физических и химических свойств минеральных масел в результате обработки тихим электрическим разрядом (вольтолизацией) с целью получения высококачественных смазочных масел.

Книга рекомендуется для работников электропромышленности как ценное пособие при выборе и применении новых изоляционных материалов и материалов-заменителей.

Материал хорошо подобран и систематизирован; имеется много ценных сведений о новых электроизоляционных материалах-заменителях, способах и области применения.

Изложение отличается полнотой и достаточной ясностью, однако недостаточно популярно: оно рассчитано на лиц, имеющих подготовку в области материаловедения. В конце каждой статьи приведены списки отечественной и зарубежной литературы по трактуемым вопросам.

Оформление книги удовлетворительное.

Благодаря невысокому качеству бумаги, получились недостаточно четкими некоторые рисунки, например, рис. 1, 5,

<sup>1</sup> Библ. сектор Гос. научн. библ. НКТП СССР.

6, 8 в статье «Минеральная изоляция»; рис. 6 на стр. 24 и рис. 6 на стр. 170. Имеется ряд неотмеченных редакцией опечаток: в табл. 2, стр. 9; на стр. 26 в структурной формуле Кюри; на стр. 35; на стр. 37, табл. 1; на стр. 177; на стр. 184; на стр. 205.

Имеются места трудночитаемые вследствие употребления

слишком длинных периодов, как, например, последние адреса на стр. 74 и 75.

По своему содержанию книга, безусловно, рекомендуется как ценный вклад в литературу по заменителям электроизоляционных материалов.

В. Вертебный

## НОВЫЕ КНИГИ

**Апаров Б. П., проф., МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.** Т. I. Асинхронные машины. Теория. Утвержд. ГУУЗ НКТП в качестве учебного руководства для энергетических втузов. М.—Л., Глав. ред. энергетической лит-ры, 1936, 360 стр. с иллюстр., ц. 4 р. 50 к., перепл. 60 коп.

Изложен рабочий процесс асинхронной машины и теория особых режимов в объеме, необходимом для инженера, работающего по эксплуатации или по расчету машин.

**Белов Б. И., инж., и Сироткин Н. М., ЗА СТАХАНОВСКИЕ МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОСВАРКИ В КОТЛОТУРБОСТРОЕНИИ.** М.—Л., Глав. ред. общетехнической лит-ры и номографии, 1936, 219 стр., ц. 3 р. 50 к.

Рассматривается состояние сварочного дела в котлотурбостроении до и после стахановского движения. Приведены нормативы на электросварочные работы.

**Граковский В. Л., ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФЛЮКТУАЦИИ.** М.—Л., Ред. общетехнической лит-ры и номографии, 1936, 219 стр., ц. 3 р. 50 к.

**Залесский А. М., проф., СБОРНИК УПРАЖНЕНИЙ ПО ТЕХНИКЕ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.** Л.—М., Глав. ред. энергетической лит-ры, 1936, 182 стр. с рис., ц. 1 р. 90 к., перепл. 60 коп.

**Кошляков Н. С., Светлов А. В. и Строганов В. Г., ТЕОРИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ЭКРАНА ДЛЯ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.** М.—Л., Издательство Академии наук СССР, 1936, 33 стр., ц. 1 руб.

В работе рассматривается процесс экранирования переменного тока магнитного поля катушки, помещенной внутри поллой сферы.

**Матлин Б., инж., МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА.** (ОСТ 7340—7341), М.—Л., Стандартгиз, 1936, 171 стр. с рис., ц. 4 руб.

**Мозговой В. С., ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕЧИ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ.** Под ред. проф. К. П. Григоровича. Утверждено ГУУЗ НКТП СССР в качестве учебного пособия для металлургических техникумов. М.—Л., Глав. ред. лит-ры по черной металлургии, 1936, 160 стр. с иллюстр., ц. 2 р. 50 к., перепл. 60 коп.

После краткого исторического обзора развития электрических печей, их преимуществ и области применения дано описание различного вида электропечей: дуговых индукционных печей для руднотермических процессов и печей сопротивления.

**Плужников М. С., сварщик-стахановец, и Шварцбаум П. М., инж., СТАХАНОВСКИЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОСВАРКЕ.** М., Трансжелдориздат, 1936, 16 стр., ц. 30 коп.

**ПРАВИЛА ПО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ МОРСКИХ СТАЛЬНЫХ СУДОВ.** М.—Л., Изд. Наркомвуда, 1936, III стр. (Регистр. Союзы ССР), ц. 3 р. 50 к.

Правила утверждены Наркомвудом 11 июня 1936 г. Они содержат общие положения об освидетельствовании электрических установок и о выдаче сертификатов, а также правила, определяющие допустимые на судне виды электрических машин, порядок их эксплуатации, требования к электропроводке и осветительным устройствам.

**Ульянов С. А., инж., ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ИХ ВЫЧИСЛЕНИЕ.** М.—Л., Глав. ред. технической лит-ры, 1936, 68 стр. (Университет физико-химии и энергетики им. акад. Н. Д. Зелинского. Вып. XII), ц. 2 р. 50 к.

**Фатеев А. В., ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ТРАНСПОРТА.** Утверждено ГУУЗ НКТП в качестве учебного пособия для электротехнических втузов. Л.—М., Глав. ред. энергетической лит-ры, 1936, 299 стр. с иллюстр., ц. 4 руб., перепл. 1 руб.

Дано описание электрифицированных кранов, лифтов, подвижных дорог, транспортеров, тележек. Освещены вопросы выбора двигателя и его мощности, методы расчета деталей, система распределения тока и предохранительные устройства.

**Флюзен Ж., ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЯ.** Т. I. Производство угольных и графитных электродов. Перевод с франц. под ред. инж. В. И. Башкова. М.—Л., Глав. ред. лит-ры по черной металлургии, 1936, 183 стр. с иллюстр., ц. 2 р. 50 к., перепл. 60 коп.

Дано описание физических и химических свойств углерода, алмаза и взаимоотношения между аллотропическими формами углерода, описание графита, его разновидностей и свойств. На основе практики крупнейших французских и других заводов излагается технология изготовления электродов и операций подготовки сырья.

**Фемин М. П., инж., УКАЗАНИЯ К ПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.** Под ред. глав. инж. ЦУЖелдорстроя П. Н. Гурова. М., Трансжелдориздат, 1936 (СССР, НКПС. ЦУЖелдорстрой. Нормативное бюро). Вып. 2. Электроорубанок ЭРБ 100, 28 стр. с иллюстр., ц. 25 коп. Вып. 3. Дисковая электропила, 28 стр. с иллюстр., ц. 25 коп. Вып. 4. Цепная поперечная электропила, 24 стр. с иллюстр., ц. 25 коп. Вып. 9. Точильный прибор, 26 стр. с иллюстр., ц. 25 коп. Вып. 11. Нарезатель резьбы, 19 стр. с иллюстр., ц. 20 коп. Вып. 12. Дрези по металлу, 31 стр. с иллюстр., ц. 30 коп.

# РЕФЕРАТЫ

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОЖАРОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ. Electr. Times № 2340, 27 авг. 1936, стр. 269

В связи с крупной аварией на электростанции в Бредфорде (Англия), имевшей место в начале 1936 г. и повлекшей за собой почти полное разрушение станции от пожара. Департамент электроснабжения организовал комиссию по разработке профилактических мероприятий для борьбы с пожарной опасностью, возникающей вследствие аварий на генераторных станциях. Этой комиссией разработаны следующие предложения:

1. Желательно, чтобы, как правило, производились периодические испытания изоляции всей аппаратуры распределительного устройства, в особенности той, которая связана с собирательными шинами или частями системы, не имеющей автоматической защиты. Испытания изоляции должны производиться не реже одного раза в каждые три месяца. Они могут выполняться с помощью меггера, а там, где возможно, их следует дополнять измерением угла потерь при испытании с помощью постоянного тока высокого напряжения. Во всех случаях очень важно вести тщательную регистрацию при измерениях, чтобы малейшее повреждение изоляции немедленно обнаруживалось. Можно рекомендовать также и испытания изоляции повышенным напряжением (раз в полгода).

2. В случае, если начавшаяся вдруг авария, вследствие неисправности оборудования, не ликвидируется автоматически, поврежденная секция должна быть немедленно отключена от всей системы, даже если эта операция повлечет за собой перерыв в подаче электрической энергии. Если же все-таки возникает пламя и авария продолжается после того, как поврежденная секция была отключена, необходимо отключить все примыкающие к ней секции, на которые может распространиться пожар. Это в особенности рекомендуется в том случае, когда загорается масло.

3. Для кабелей, проходящих сквозь пол помещения с выключателями в открытый подвал или в кабельный тоннель, предпринимаются соответствующие предосторожности, чтобы предотвратить а) утечку масла из помещения с выключателями в подвал и б) сползание кабелей в подвал (если огонь отделил их от распределительных коробок).

4. Рекомендуется, чтобы в дополнение к обычным кабельным зажимам, находящимся на поверхности пола, кабели крепились непосредственно и под полом. Кроме хомутика, окружающего кабель на поверхности пола, каждый кабель или группа кабелей должны быть защищены посредством трубопровода или прокладки из негорючего материала (например уралит), находящийся на высоте по крайней мере 18" над уровнем пола или кончающихся как раз у заливной заделки кабеля, герметически закрытой снизу и заполненной песком или мелкой галькой.

5. Там, где этот способ защиты не может быть практически реализован, делается непроницаемый пол с асбестовой плиткой, и кабель, находящийся между полом и распределительной коробкой, покрывается толстой асбестовой плиткой. Толщина оплетки рекомендуется не меньше 1/8". Каждый кабель накладывается двумя слоями в полуперекрестку (т. е. фактически четыре слоя). Для того чтобы плитка не впитывала масла, она покрывается краской, содержащей кремний (silica paint), например, краской «Порцелан», а дальнейшая защита достигается путем оплетки плиткой стальной лентой в один слой (для одножильного кабеля — немагнитной лентой) в полуперекрестку.

6. Для кабелей, которые проходят в помещениях с выключателями, подвалах и тоннелях, оплетка, пропитанная маслом, не применяется.

7. Кабели управления не должны находиться в близком соседстве с главными кабелями и даже, если возможно, должны проходить по совершенно другому пути. Там, где из-за необходимости кабели управления проложены в том же подвале или тоннеле, где и главные кабели, для предотвращения пожарной опасности должны быть приняты особые предосторожности (как например асбестовая оплетка, перегородки и т. п.).

8. Главные кабели, соединенные с каждой секцией собира-

тельных шин, должны отделяться там, где возможно, от главных кабелей, соединенных с другими секциями, при помощи плотных, негорючих перегородок. Там, где кабели располагаются на полу тоннелей или подвалов, они должны быть разделены по группам при помощи вертикальных стоек или бетонных перегородок, а в образующиеся при этом канавки насыпается песок или галька. Кабели на рейках должны также, если возможно, быть отделены перегородками.

В. А. Логинова

## КАК УМЕНЬШИТЬ ОПАСНОСТЬ ПОЖАРА НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ. Electr. Times № 2344, 24 сент. 1936, стр. 395—398

Применение той или иной системы защиты зоны собирательных шин представляет собою очень существенное мероприятие, уменьшающее опасность пожара в помещении распределительного устройства с выключателями, но не устраняющее, однако, целиком этой возможности. Поэтому, чтобы обеспечить максимальную безопасность, необходимо предпринимать тщательные меры предосторожности, ограничивающие распространение пожара, по какой бы причине он не возник. Некоторые мероприятия общего характера уже были выдвинуты в свое время, но опыт показывает, что для максимального обеспечения безопасности требуются более серьезные предосторожности. Детальное исследование этого вопроса приводит к следующим мерам:

1. Аппаратура распределительного устройства на электростанции должна быть электрически секционирована таким образом, чтобы поврежденная секция собирательных шин отделялась от неповрежденных секций сейчас же после аварии.

2. Аппаратура распределительного устройства электростанции должна быть расположена в совершенно закрытых помещениях. Кроме того, при проектировании должна предусматриваться защита от возможных воздушных атак.

3. Помещения для выключателей, в том числе крыша и потолок, должны быть огнеупорны. Кроме того, необходима эффективная система искусственной вентиляции для удаления дыма после того, когда пламя затушено, чтобы ускорить возобновление нормальной работы станции.

4. Аппаратура распределительного устройства должна быть отделена от проложенных под нею кабелей. Последние в свою очередь разделяются перегородками, что соответствует секциям аппаратуры распределительного устройства.

5. Там, где кабели проходят под аппаратурой распределительного устройства, они должны быть уложены на полу и защищены слоем песка, гальки или щебня.

6. Кабели должны иметь также защиту между местами, где они выходят из пола, и кабельной коробкой на аппаратуре распределительного устройства. Трубы или цемент образуют надежную защиту и предотвращают расплавление свинца и утечку масла через пол.

7. Контрольные кабели требуют защиты для каждого кабеля в отдельности, и рекомендуется трубопроводы отделять друг от друга так, чтобы кабели из одной секции не проходили через другую.

8. Рекомендуется при проектировании избегать токов большой величины в отдельных цепях, так как в этом случае требуется большое число кабелей на фазу. 2000 А представляет, как будто, достаточный максимум в этом отношении. Там, где возникает необходимость превзойти этот предел, необходимо пересмотреть всю компоновку электростанции в проекте в целях перехода на более высокое напряжение.

9. Перегородки из листовой стали в открытых местах между опорными стойками задерживают распространение горящего масла на смежные приборы.

10. Под каждым масляным выключателем должен быть помещен масляток с отверстием в полу, направленным в общую сборную трубу, выходящую за пределы здания.

В дополнение к вышензложенному можно упомянуть о таких огнетушительных установках, как Mulsifire, где на аппаратуру распределительного устройства направляет-

ся струя воды под большим давлением, причем вода представляет собой эмульсию с негорючим маслом; или как Foamite, где пламя тушится химическим способом.

Пожар на электростанции производит такое разрушающее действие, что большие затраты для его предупреждения и ликвидации в большинстве случаев себя вполне окупают. Следует отметить, что на станциях для испытания масляных выключателей во время ведения испытания происходят иногда весьма сильные взрывы и пожары масла. Такие пожары ликвидируются в несколько секунд с помощью любой из рассмотренных здесь огнетушительных установок, при отсутствии которой пожар может оказать чрезвычайно разрушительное действие в помещении для выключателей.

В. А. Логинова

### ПОЖАРЫ НА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ. L'Industrie Electrique № 1062, 25 Sept. 1936, p. 413

Все меры пожарной безопасности — железобетонные сооружения, прокладка шин в негорючих каналах, сложная защита от к. з. и т. д. — не могут предотвратить пожара на трансформаторной подстанции, так как коренная причина его кроется в употреблении масла в выключателях и трансформаторах.

Употребление масла особенно опасно в выключателях, так как там соединяется все необходимое для взрыва, а именно: нагревание благодаря плохим контактам, воспламенение от вольтовой дуги в момент выключения и пр.

Весьма опасен также чрезмерный перегрев масла трансформаторов, вызванный перегрузкой или выходом из строя охлаждающей системы — вентилятора, масляного насоса. Понятно, большинство установок оборудовано сигнализацией и даже аппаратурой для автоматического тушения. Однако все эти средства мало эффективны, если огромные количества масла (порядка 10—15 т), находящиеся в современном трансформаторе, воспламеняются в результате воздушной бомбардировки. Такого размера пожар можно сравнить лишь с пожаром нефтяной скважины: вода в смеси с маслом при высокой температуре (даже выше 100°) образует эмульсию еще более горючую, чем масло.

Единственным средством автор считает переход к негорючим подстанциям, содержащим только металл, камень и фарфор. Это решение особенно напрашивается для подстанций, обслуживающих общественные здания (театры и т. п.), а также расположенных в густо застроенных пунктах. Проблема, он надеется, будет разрешена в ближайшие годы. Необходимо заменить масляные выключатели безмасляными — воздушного дутья и т. д. Трансформаторы должны заполняться хлорсодержащими соединениями, автоматически гасящими дугу (но во всяком случае, не на основе тетрахлористого углерода, образующего при соприкосновении с пламенем ядовитый газ фосген). Более дешевым решением была бы разработка сухих (трансформатора форсированного воздушного охлаждения с неорганической изоляцией) обмоток, что теперь уже совершенно реально. В кабелях можно также применять негорючие изоляции и кабельные массы.

В виде примера указывается на строящуюся подстанцию Парижской оперы на 2400 kVA. На этой подстанции, расположенной в подвальном помещении, нельзя будет найти ни одной капли масла, в ней устанавливаются выключатели сжатого воздуха и водяные и трансформаторы, залитые пиролом.

С. Стахеева

### Н: Mayer, НЕГОРАЕМЫЕ КАБЕЛИ И КАБЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МУФТЫ. VDI № 43, 1936, V. 80, S. 1304

Правила Союза германских электриков (VDE) предписывают покрывать особыми предохранительными оболочками все кабели и проводники, которым предстоит работать в особо тяжелых условиях, например, подвергаться сильным химическим или атмосферным воздействиям, что может повлечь за собой появление на них коррозии.

Изоляционные вещества, применявшиеся до настоящего времени для защиты кабелей и проводников от коррозии

(кабельные массы, битумы и т. п.), а также образующих их основу волокнистые вещества, — не огнеупорны. Поэтому существует опасность воспламенения их при всяких резких тепловых воздействиях, подобно имеющему место при



Рис. 1. Испытание на огнестойкость двух кабелей с помощью бунзеновской горелки. а — кабель с обыкновенной поясной изоляцией; б — из кабельной массы Нибрен

Применение огнестойких изоляционных веществ ограничивается трудностями соответствующей обработки и малой доступностью изоляции.

Совместными усилиями работников химической и электрической промышленности удалось изготовить некорродирующие и огнестойкие органические изоляционные кабельные массы, называемые Нибрен (Nibren Kabelwachse фирмы I. G. Farbenindustrie), которые соответствуют всем предписаниям VDI. Средние значения характеристик масс приведены в таблице. Обработка этого материала обычная для кабельных масс. Массы эти можно с успехом применять всюду, где требуется, предъявляемые к надежности работы, огнеупорности и способности противостоять коррозии, особенно высоким. Рис. 1 демонстрирует степень их огнестойкости. При испытании было сделано отступление от правила, согласно которому кабель кладется горизонтально, и пламя прилагается к нему посредине. Чтобы выяснить огнеупорность кабелей в наименее благоприятных условиях, зажжен был нижний конец изогнутого вверх кабеля. Защитная оболочка обыкновенного

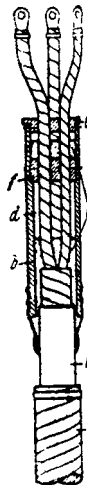


Рис. 2. Кабельная концевая муфта с негорючей заливочной массой. а — свинцовая оболочка; б — кабельная концевая муфта; с — огнеупорная масса; d — пространство для расширения; e — крышка; f — промежуточное дно; g — огнестойкая защитная оболочка

кабеля а воспламеняется в несколько секунд и после удаления поджигающего пламени продолжает гореть как факел. Что же касается кабеля с огнеупорной защитной оболочкой, то сильно горевшую бунзеновскую горелку пришлось продержат под ним целую минуту, прежде чем получилось обугливание в непосредственной области пламени. Естественно, кабель с обыкновенной оболочкой в этих условиях был бы совершенно разрушен.

# Физические и химические свойства кабельной массы Нибрен

	Кабельная масса		Заливочная масса
	0°	20°	
Цвет . . . . .	Черно-коричневый		Черно-коричневый
Потери испарения в течение 2 h при 125 °С	0,1%	0,1%	0,1%
Остаток на сетке (50 отверстий на кв. сант.)	0	0	0
Точка плавления по Übbelohde . . . . .	Кругло 100	Кругло 105	Кругло 100°
Теплостойкость по VDE	Кругло 95°	Кругло 98°	" 110°
Вязкость при 150 °С, отнесенная к воде при 20°, в приборе Энглера с выпускным отверстием в 5 мм . . .	1,3	1,3	1,2
Удельное сопротивление (1000 V, 1 min), $\Omega$ см.	Выше, чем $1 \cdot 10^{18}$		
Устойчивость . . . . .	К кислотам и щелочам		

Эти изоляционные материалы хорошо применимы и для кабельных концевых муфт. На рис. 2 показана конструкция фирмы Rheinische Draht und Kabelwerke G. m. b. H., Köln—Kniele для специальных целей. Кабельная концевая муфта\* заполняется огнеупорной массой Нибрен; она так сконструирована, что исключено нежелательное выпачивание заливочной массы даже при высоких температурах, так как имеется место для расширения. Кабельные массы Нибрен являются серьезным достижением, как предохранительное мероприятие в местностях, где возможны резкие изменения погоды, в горном деле, на судах, в химических и сельскохозяйственных производствах.

С. Стахеева

## W. Koch, РАСЧЕТ УДАРНОГО ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ, S. Z. № 1, 1936

В статье дается исключительно простой способ определения величины амплитуды ударного тока к. з. в сетях с сопротивлением линии передачи с учетом всех омических сопротивлений цепи короткого замыкания. При расчете первого пика тока к. з. можно индуктивность рассеяния генератора принять неизменной.

На рис. 1 дана эквивалентная схема, для которой приняты следующие обозначения:  $l$  — общая индук-

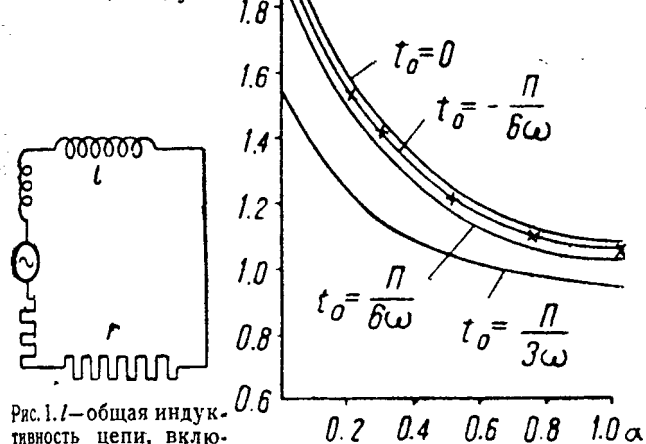


Рис. 1.  $l$  — общая индуктивность цепи, включая индуктивность генератора;  $r$  — общее сопротивление цепи, включая сопротивление генератора

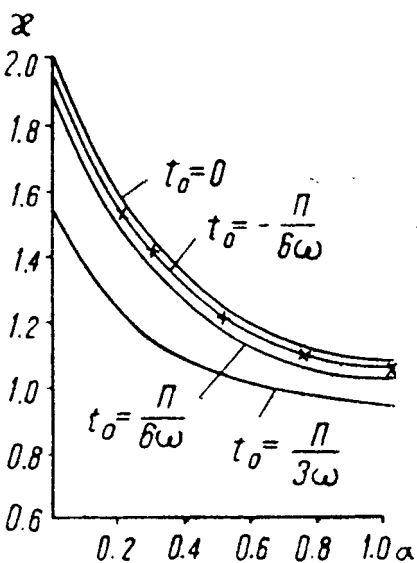


Рис. 2. Значение демпфирующего коэффициента  $\alpha$  в функции  $a = \frac{r}{\omega l}$

тивность цепи, включая индуктивность генератора;  $r$  — общее сопротивление цепи, включая сопротивление генератора.

При напряжении  $U_m \sin \omega t$  ток, протекающий по цепи в момент включения:

$$i = U_m \frac{r}{r^2 + \omega^2 l^2} \left( \sin \omega t - \frac{\omega l}{r} \cos \omega t \right) + K e^{-\frac{r}{l} t}, \quad (1)$$

где  $K$  — постоянная, определяемая временем включения  $t_0$  и условием, что в рассматриваемой цепи ток нарастает с нуля.

Положим  $\frac{r}{\omega l} = \alpha$ , тогда

$$i = \frac{U_m}{\sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}} \cdot \frac{\alpha \sin \omega t - \cos \omega t - (\alpha \sin \omega t_0 - \cos \omega t_0) e^{\alpha \omega (t_0 - t)}}{\sqrt{1 + \alpha^2}} \quad (2)$$

или

$$i = \frac{U_m}{\sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}} \cdot x. \quad (3)$$

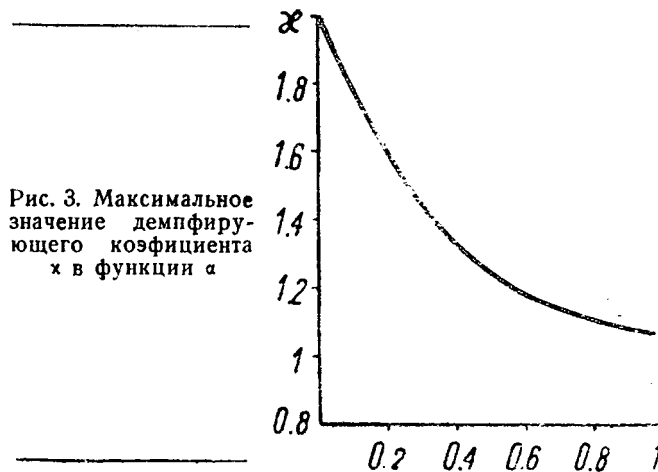


Рис. 3. Максимальное значение демпфирующего коэффициента  $x$  в функции  $a$

На рис. 2 представлены кривые для расчета демпфирующего коэффициента  $\alpha$  для различных времен включения  $t_0$  и различных коэффициентов  $\alpha$ . Наибольшего значения этот коэффициент достигает при  $t_0 = 0$ , что указывает на наибольшую величину ударного тока к. з. в момент, когда напряжение проходит через нуль. На том же рис. 2 кривая, обозначенная крестиками, дана Рюденбергом без учета сопротивления ротора в виде

$$x = 1 + e^{-\alpha \frac{r}{\omega l_1}}$$

Из уравнения (2) следует, что для больших значений  $\alpha$  величина  $e^{\alpha \omega (t_0 - t)}$  близка к нулю, так как  $(t_0 - t)$  всегда отрицательно. Для больших значений  $\alpha$  кривые для коэффициента  $\alpha$  приближаются к единице. На рис. 3 коэффициент  $x$  дан в функции от  $a$ .

Для практических расчетов ударного тока к. з.  $I_s$  учитывается, что напряжение на станции, как правило, повышено на 5% по сравнению с номинальным и что для трехполюсного к. з.  $U_m$  обозначает фазовое напряжение.

Формула (3) примет следующий вид:

$$I_s = 0,86 \frac{U}{\sqrt{r^2 + \omega^2 l^2}} x, \quad (4)$$

где  $U$  — линейное напряжение установки  $r$ , а также  $\omega l$  рассчитываются на один фазный провод.

Пример. Генератор работает на воздушную линию передачи, которая на расстоянии 2 км от станции имеет к. з. Номинальные данные генератора: мощность — 10 000 kVA; напряжение — 6 kV; ток — 965 А; относительное рассеяние статора  $\epsilon_s - \epsilon_b = 0,15$ , откуда рассеяние статора:

$$x_{s-b} = 0,15 \frac{6000}{\sqrt{3} 965} = 0,54 \Omega;$$



сопротивление генератора:

$$rg = \alpha x_{s-b} = 0,07 \cdot 0,54 = 0,038 \Omega.$$

Данные линии передачи: длина 2 км; сечение 35 мм<sup>2</sup> (медь); индуктивное сопротивление:  $x_n = 0,8 \Omega$ ; омическое:

$$r_n = \frac{2000}{57 \cdot 35} = 1 \Omega.$$

Общая индуктивность

$$x = x_{s-b} + x_n = 1,34 \Omega;$$

сопротивление

$$r = rg + r_n = 1,038$$

и полное сопротивление:

$$\sqrt{r^2 + x^2} = 1,7 \Omega.$$

Коэффициент:

$$\alpha = \frac{r}{x} = \frac{1,038}{1,340} = 0,775.$$

По кривым,  $\chi = 1,12$ . Амплитуда ударного тока к. з.

$$I_s = 0,86 \frac{6000}{1,7} 1,12 = 3400 \text{ А.}$$

При расчете по нормам, т. е. без точного учета омических сопротивлений цепи к. з., величина ударного тока:

$$I_s = 0,86 \frac{6000}{1,7} 1,8 = 5450 \text{ А.}$$

К. И. Пяртман

## ТРАМВАЙ И ТРОЛЛЕЙБУСЫ В БЕЛЬГИИ. LA TRACTION ELECTRIQUE № 6, 1936, стр. 240—241

В Бельгии только шесть городов имеют трамвай. Троллейбусы имеются только в Льеже, Антверпене и вводятся в Брюсселе. Эксплуатационная длина троллейбусных линий в Льеже 23 км, в Антверпене — 11. Эксплуатационная длина трамвайных путей в км составляла

К концу 1920 г. К концу 1935 г.

Брюссель . . . . .	178	212
Антверпен . . . . .	58	74
Льеж (город) . . . . .	65	65
Льеж Серань . . . . .	19	21
Гран . . . . .	34	49
Шарлеруа . . . . .	15	36
Вервье . . . . .	23	24

Всего . . . . . 392 481

В Льеже запроектировано прекратить эксплуатацию нескольких трамвайных линий и заменить их троллейбусами.

Инж. В. А. Соловьев

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ САМОЛЕТА. Leaflet № 396 и Catal № 261 фирмы Rotax Ltd, Англия

В качестве одной из разновидностей существующих типов генераторов для электрооборудования самолетов английская фирма Ротакс (Rotax Ltd) рекомендует генератор типа AT-157 (рис. 1), представляющий машину постоянного тока напряжением 12 В, мощностью 150 В, 3300/4000 об/мин, приводимую в движение от ветрянки, т. е. от деревянного пропеллера, надеваемого на выступающий конец вала. Генератор имеет шунтовую обмотку. Регулирование напряжения производится с помощью третьей щетки.

Принцип регулирования от третьей щетки заключается в том, что генератор меняет отдаваемый им ток при изменении оборотов по кривой, имеющей резко выраженный пик; причем генератор практически не меняет величины отдаваемого им тока при включении или выключе-

нии потребителей энергии (например навигационное освещение). Это обстоятельство влечет за собой то, что рядный ток батареи, параллельно с которой обязан должен работать трехщеточный генератор, сильно за-

Рис. 1. Генератор фирмы Rotax типа AT-157 с приводом от ветрянки (12 В 150 W, 3500/4000 об/мин)



сит от нагрузки потребителей энергии. При холостом де, т. е. при выключении освещения ток, отдаваемый генератором, идет на зарядку аккумуляторной батареи 4—5 А. При полной нагрузке, т. е. при питании освещения зарядный ток, отдаваемый батареей, уменьшается до значительной величины. При стоянках самолета, при взлете и посадках, когда генератор еще не включился в жим, питание освещения производится исключительно аккумуляторной батареей.

Внешние размеры генератора следующие: длина — 12 1/4", диаметр корпуса — 4 1/2", вес — 11 3/4" англ. фунт. Генератор AT-157 крепится к соответствующей части самолета посредством металлического пояса.

Навигационное оборудование и схема электропроводки для питания приборов одного из типов английских гражданских самолетов изображены на рис. 2.

Генератор А работает, будучи параллельно соединен с аккумуляторной батареей В, на 12 В 25 А.

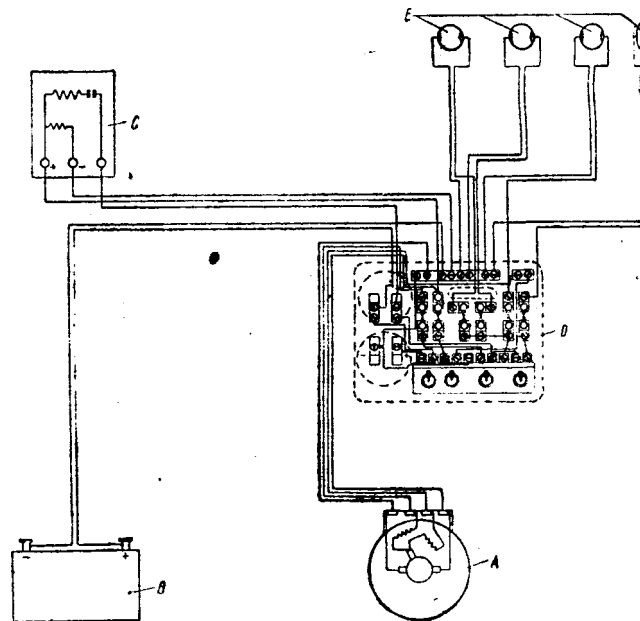


Рис. 2. Схема питания постоянным током навигационного освещения самолета

На щите D смонтирована автоматическая выключательная коробка, состоящая из выключателя с кнопочным управлением, амперметра и вольтметра. Освещение самолет производится лампами В. Электропроводка выполнена из разноцветного провода.

В данном случае приведена одна из схем электрооборудования самолетов, имеются и другие схемы с применением генераторов ветряночного типа и генераторов с приводом от самолетного мотора с системой регулирования напряжения от автоматической регуляторной коробки фирмы Ротакс.

С. А. Копылов

ИЗДАТЕЛЬ: ОНТИ

Технический редактор Г. Г. Андреев  
Зав. ред. М. Г. Башкова

РЕДАКЦИЯ: Е. С. Аватков, В. И. Вейд, М. Н. Грановская, Я. А. Климович, Г. М. Кржижановский, И. С. Палицын, Н. А. Сазонов, М. А. Шателов, К. И. Шенфер, И. Г. Шипов.

Отв. редактор Я. А. КЛИМОВИЧКИ

Сдано в набор 27/XII 1936 г. Подп. к печати 24/I 1937 г. Стат. формат 62 × 94. Печ. л. 7. авт. л. 9 3/4. Печ. зн. в л. 78800. Уполн. Главл. Б-8064. 1-я Журнальная смена. ОНТИ НКТП СССР, Москва, Ленинский пер. 30. Заказ 2309. Тираж 10222 экз.



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



## Периодические и часовые выключатели

с часовыми механизмами высокой точности, .

с девибраторами,

с регуляторами маятникового хода,

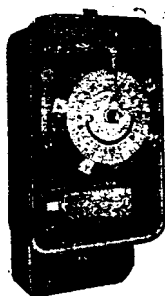
для ручного завода (на 42 дня)

для электромоторного завода с ходовым запасом в 3-4 дня

для синхронно-моторного привода с ходовым запасом и без такового

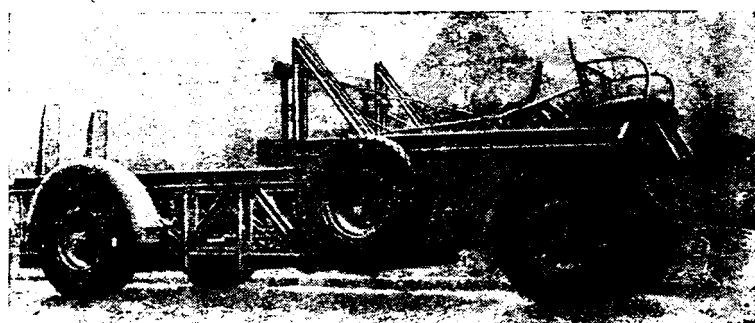
с фото-электрическим управлением и без такового

в солидных, изящных, металлических, или чугунных (водонепроницаемых) оправах.



Требуйте наши каталоги

6728



Тележка для перевозки и прокладки кабелей

Машины для прокладки подземных и воздушных кабелей,

Лебедки для кабелей, установки для испытания кабелей, тяговые наконечники для кабелей,

а также все принадлежности для кабельного производства.

Maschinenbau - Hafenhütte  
**PETER LANCIER**

MÜNSTER i. Westf. / ГЕРМАНИЯ

6722

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога образцов и проспектов просим сослаться на номер нашего журнала.

# КНИГОСБЫТ ОНТИ

## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ И ПОСТУПАЮТ В ПРОДАЖУ

**Кривбасс** к годовщине стахановского движения. Под ред. И. Л. Бирмана, П. В. Котовского и др. ГНТИУ. 1936. Стр. 208. (Криворожск. Отдел. Всесоюзн. научного инженерно-технич. горного общества). Ц. 2 р. 55 к.

Сборник подводит итоги организационно-технического роста железнодорожного Кривбасса для широкого обмена опытом и направляет изобретательскую мысль ИТР и рабочих на дальнейшие достижения.

Для ИТР и рабочих горнорудного дела.

**Мухин Л. В.** Подэтажное обрушение в Криворожском районе. Гл. ред. горнотопл. л-ры. 1936. Стр. 144. Ц. 2 р. 30 к.

Книга является результатом исследовательской работы, проведенной НИС'ом Криворожского горного института по изучению техно-экономических показателей применяемых в Криворожье систем разработок.

Она содержит техно-экономический анализ системы подэтажного обрушения во всех ее вариантах и определяет границы целесообразного применения этой системы разработок.

Для инженерно-технических работников горняков и студентов соответствующих вузов.

## ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ

**Блох Е.** Чтение чертежей для горняков угольщиков. Гл. ред. горнотопл. л-ры. 1936. Стр. 184. 2 вкл. Ц. в пер. 2 р. 85 к.

**Богданов Г., Медведский В. т. и др.** Что должен знать забойщик машинной лавы. Горгеонефтеиздата. 1934. Стр. 32. Ц. 20 к.

**Дубинин Н.** Бригадир сортировки. ГНТИУ. 1936. Стр. 120. Ц. в пер. 2 р. 10 к.

**Дубинин Н.** Экскурсия по углеобогатительным фабрикам. ГНТИУ. 1935. Стр. 284. Ц. в пер. 3 р. 05 к.

**Завьялов Г.** Доставка от забоя до рельсовых путей. Гл. ред. горнотопл. л-ры. 1935. Стр. 500. Ц. в пер. 8 р. 25 к.

**Найдыш.** Сплошная выемка без подготовительных работ по углю. ГНТИУ. 1935 Стр. 88. Ц. 1 р. 10 к.

**Салгус К.** Крепежный лес и перспективы обеспечения им каменно-угольной промышленности на второе пятилетие. Горгеонефтеиздат. 1934. Стр. 172. Ц. 3 р.

**Сергеев А.** Управление кровлей на пологопадающих пластах Донбасса. ГНТИУ. 1934. Стр. 68. Ц. 1 р.

**Скурат В.** Электрооборудование в шахтах. Гл. ред. горно-топл. л-ры. 1934. Стр. 80. Ц. 90 к.

**Тимофеев Л.** Локомотивная откатка на открытых разработках. Гл. ред. горно-топл. л-ры. 1935. Стр. 90. Ц. 3 р.

**300 мастеров** угля о своем опыте. Под ред. В. Товаровского. ГНТИУ. 1936. Стр. 264. 4 порт. Ц. 2 р. 50 к.

**Щепотьев К.** Подмосковный уголь. Горгеонефтеиздат. 1934. Стр. 68. Ц. 90 к.

**Продажа в магазинах и киосках Книгосбыта ОНТИ и КОГИЗ'а.**

**Желающие могут получить книгу по почте: Москва, Рыбный пер. 2, помещение 49 „Технига почтой“.**

**Ленинград, В. О., 4-я линия, д. 13 „Технига-почтой“ Леннигосбыта ОНТИ.**

**Книги высылаются наложенным платежом без задатка.**

## ВЫХОДЯТ ИЗ ПЕЧАТИ

**Нахмансон Е.**—Схемы и конструкции распределительных устройств. ОНТИ—Гл. ред. энергетич. лит-ры. 20 л. Ор. ц. в пер. 7 р.

Пособие для конструкторов-электротехников.

**Электроэнергетика**—Сборник общесоюзных стандартов. Сост. инж. Гальперин А. О. Вып. I. Стандартгиз. 1936. Стр. 356. Ц. 14 руб.

## ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ

**Горев А. Я., проф.** Введение в теорию устойчивости параллельной работы электрических станций. Ч. I. Кубуч. 1935. Стр. 208. Ц. 3 р. 30 к.

Для инженеров-электротехников.

**Дарманчев А. Н., инж.**—Показатели и графики нагрузки энергетических систем. ОНТИ. Гл. ред. энергетич. лит-ры. 1935. Стр. 368. Ц. 7 р. 50 к.

Для работников научно-исслед. институтов и инженеров-проектировщиков.

**За стахановские методы** обслуживания высоковольтных сетей. Сборник статей. Под ред. Л. Я. Кремнева и А. А. Модестова. ОНТИ. Гл. ред. энергетич. лит-ры. 1936. (Стахановская серия). Стр. 124. Ц. 1 р. 50 к.

Для электротехников.

**XV лет Ленинского плана** электрификации. Сборник материалов к 15-й годовщине плана ГОЭРЛО. Составили и снабдили вводной статьей В. И. Донченко и В. Ю. Стеклов. Под ред. К. П. Ловина. ОНТИ. Гл. ред. энергетич. лит-ры. 1936. Стр. 216. Ц. в пер. 3 р. 20 к.

**Ракоши З. И.** «Планы электрификации капиталистической Европы». Под ред. проф. В. И. Вейца. Госэнергоиздат. 1934. (Академия наук СССР. Энергетич. ин-т им. Г. М. Кржижановского). Стр. 156. Ц. 1 р. 50 к.

Для специалистов-энергетиков.

**Сломни Я. А.** Распределительное устройство электрических станций и подстанций. Т. II. ОНТИ. Гл. ред. энергетич. лит-ры. 1935. Стр. 145. Ц. в пер. 5 р.

Учебное пособие для студентов энергетических вузов и практическое руководство для инженеров-проектировщиков.

**Сурвилло Б. Л., проф.** Рационализация работы дизельных электростанций. ОНТИ. Гл. ред. энергетич. лит-ры. 1936. Стр. 136. Ц. в папке 1 р. 65 к.

Для средне-технического персонала городских, коммунальных и фабрично-заводских электростанций.

---

### ПРОДАЖА В МАГАЗИНАХ И КИОСКАХ КНИГОСБЫТА ОНТИ и КОГИЗ'а

Желающие могут получить книгу по почте: Москва, Рыбный пер., 2 помещение 49 „Техкнига — почтой“.

Ленинград, В. О. 4-я линия, д. 13 „Техкнига — почтой“ Ленкнигосбыт ОНТИ.

===== Киев ул. Свердлова № 2 „Техника — почтой“ =====

**КНИГИ ВЫСЫЛАЮТСЯ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ БЕЗ ЗАДАТКА**

# ОТКРЫТА ПОДПИСКА НА 1937 г.

Год издания 13-й

*на журнал*

Год издания 13-й

# ТЕПЛО и СИЛА

## ОРГАН ГЛАВЭНЕРГО

Отв. РЕДАКТОР ИНЖ. Г. А. ЮДЕНИЧ

**Задачи журнала:** Внедрение в энергетическое хозяйство достижений передовой техники и помощь работникам энергетике в реализации постановления ЦК ВКП(б) (1935 г.): Переход на безаварийную работу, повышение использования оборудования за счет уменьшения простоев котельных и турбинных агрегатов в текущем и капитальном ремонте, сокращение удельного расхода топлива. Всестороннее освещение вопросов эксплуатации и обмен опытом. Борьба за стахановские методы работы по перекрытию норм. Увязка опыта эксплуатации с работой проектирующих организаций, конструкторских бюро, заводов-изготовителей и научно-исследовательских институтов в целях внедрения в энергетику передовой техники. Консультация по вопросам энергетике. Хроника и библиография.

**Программа журнала:** 1. Вопросы передовой техники: высокое давление, теплофикация, автоматика и т. д. 2. Советское энергооборудование и методы его освоения. 3. Вопросы безаварийной и экономичной эксплуатации. 4. Стахановские методы обслуживания оборудования. 5. Перекрытие номинальных мощностей. 6. освоение низкосортных и местных топлив. 7. Борьба за снижение удельных расходов топлива и расхода энергии на собственные нужды. 8. Вопросы повышения коэффициента использования оборудования, рационализация и сокращение сроков ремонта оборудования. 9. Вопросы повышения к. п. д. станций и их тепловой баланс. 10. Энергетика промкомбинатов и промышленных теплосиловых установок. 11. Организация производства на станциях. 12. Вопросы подготовки кадров и повышения их квалификации.

**Журнал рассчитан** на эксплуатационный персонал электростанций и промышленных энергоустановок, работников научно-исследовательских институтов, проектных и монтажных организаций, работников заводов-изготовителей энергооборудования и студентов вузов.

**18 номеров в год. Подписная цена: на год 36 руб., на 6 мес. — 18 руб.**

ПОДПИСКУ И ДЕНЬГИ НАПРАВЛЯТЬ ПО АДРЕСУ: Москва, Пушечная 9, „ТЕХПЕРИОДИКА“

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ: Отделениями, уполномоченными „ТЕХПЕРИОДИКИ“ и КНИГОСБЫТА, магазинами ОНТИ и всеми почтовыми отделениями.



# ПЕРЕГРУЗКА

## Ваши междугородные линии связи перегружены?

Если да, увеличьте пропускную способность Ваших линий установкой добавочных связей, высокой частоты, сист. "СТАНДАРТ" без установки лишних проводов.

Сист. "СТАНДАРТ" путем применения волновых спектров выше звуковой частоты дает возможность осуществлять добавочную связь по существующим проводам.

Однократные и многократные телефонные и телеграфные системы "СТАНДАРТ" находятся в эксплуатации во всех частях света.

Разрешите нам составить проект для удовлетворения Ваших нужд в этом отношении.

*Standard Telephones and Cables Limited*

NORTH WOOLWICH, LONDON, E. 16, Англия *Telegrams: Westphone, London.*

Отделения в КАИРЕ, КАЛЬКУТТЕ, ДУБЛИНЕ и ИОГАННЕСБУРГЕ

ПОСТОЯННЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ В :

АНГЛО-ЕГИПЕТСКОМ СУДАНЕ

БОМБЕЕ

БУРМЕ

ИРАКЕ

КЕНИИ

МАДРАССЕ

МАЛАЕ

НАТАЛЕ

ПАЛЕСТИНЕ

СИАМЕ и ЦЕЙЛОНЕ

Заказка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При всех запросах к иностранным фирмам о присылке каталога образцов и проспектов просим ссылаться на номер нашего журнала.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

# Принимается подписка

## НА 1937 ГОД

## НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ



НАЗВАНИЕ	Кол-во н. н.	в руб.	в коп.
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	24	36.00	18.00
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ	12	21.00	10.50
ЭЛЕКТРОМОНТЕР	12	12.00	6.00
ТЕПЛО-СИЛА	18	39.00	19.00
СОВЕТСКОЕ ЭЛЕКТРОСТРОЕНИЕ	12	18.00	9.00
ЭНЕРГЕТИЧЕСК. ОБЗОРНИК	12	18.00	9.00
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧ. ВЫПУСК	12	18.00	9.00
ТЕПЛОТЕХНИЧ. ВЫПУСК	12	18.00	9.00
ВЕСТНИК ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕН.	12	24.00	12.00
ВЕСТНИК ЭЛЕКТРОПРОМ. СЛАБОТОК	12	12.00	6.00
МАШИНИСТ	12	12.00	6.00
ВЕСТНИК КОЧЕГАРА	12	6.00	3.00
АВТОЭЛЕКТРОСТРОЕНИЕ	12	18.00	9.00
ГИДРОТЕХН. СТРОИТ.	12	30.00	15.00
СВЕТОТЕХНИКА	12	10.00	5.00
ЭНЕРГЕТИКА	12	18.00	9.00

Подписки и деньги направлять по адресу:  
Москва 31, Пушкинская ул. 8  
Главный редактор «ТЕХПЕРИОДИКА»  
Подписки и деньги направлять по адресу:  
Москва 31, Пушкинская ул. 8  
Главный редактор «ТЕХПЕРИОДИКА»