

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

# 6

1 9 3 7

ОБЪЕДИНЕН  
ТЕХНИЧЕСКОЕ



НОЕ НАУЧНО-  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

6

1937  
МАРТ

ГОД ИЗДАНИЯ 58-й

И ГЛАВЭНЕРГОПРОМА, ГЛАВЭНЕРГО НКТП И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АКАДЕМИИ НАУК СССР  
в редакции: Москва, Бол. Калужская, дом 67. Энергетический ин-т, 1 этаж., комн. 144, телеф. В 5-32-79.  
Адрес для корреспонденции: Москва, Главный почтамт, почтовый ящик № 648.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Костромитин Н. Н. и Рышковский И. Я. — Использовать скрытые резервы в энергохозяйстве электрических железных дорог . . . . .	1
Лившиц Б. Г. — Основные задачи проектирования нового подвижного состава для электрических ж. д. . . . .	5
Староскольский Н. А. — Расчеты тяговых сетей и подстанции при трехпроводной системе энергоснабжения . . . . .	12
Соловьев В. А. — Распределение сечений контактной сети между подстанциями электрических ж. д. постоянного тока . . . . .	19
Рашковский Л. Г. — Элементы телеуправления подстанциями московского метро . . . . .	22
Спеваков П. И. — Выбор рациональной ширины сближения линии электропередач с линиями связи . . . . .	30
Нестеренко А. Д. — К основным определениям в области измерительных трансформаторов . . . . .	33
Балашинский Б. Л. — Биспиральные лампы накаливания . . . . .	34
Эрлихман Б. Л. — Электрификация США в 1936 г. . . . .	37
На обложке — Великий русский физик Петр Николаевич Лебедев к 25-летию со дня смерти	

## Использовать скрытые резервы в энергохозяйстве электрических железных дорог

ALL HIDDEN POSSIBILITIES TO BE USED FOR ELECTRIC RAILWAY ECONOMY

Н. Н. Костромитин и И. Я. Рышковский

Ленинградский институт инженеров ж.-д. транспорта

АДА Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта и Октябрьской провела в стахановскую декаду 1936 г. день эксплуатации на участке Ленинград-Ораниенбаум. В течение этого дня проведены были торсионных секциях поездки, которые делятся на три группы.

Первая группа имела своей задачей изучить работу машиниста, установить, как он ведет поезд, какие силы тяги и ускорения он развивает при выходе с места, использует ли все возможности тягового двигателя и соблюдается ли график движения, заданный НКПС.

Вторая группа характерна применением ослабленного поля электродвигателей на всех перегонах основного способа ведения поезда с минимально необходимым выбегом.

Наконец, третья поездка с ночным поездом, вне обычного расписания, сопровождалась, помимо применения ослабленного поля двигателей и минимального выбега, еще повышением напряжения, против обычного на подстанциях, до величины 1700 — 1750 V.

Применение ослабленного поля двигателей, как основного режима на всех перегонах для повышения технической скорости движения, диктовалось тем обстоятельством, что ослабленное поле двигателей, по заявлению машинистов электродепо, применялось только в тех случаях, когда производился нагон опозданий.

Что касается выбега, то полный отказ от него или сокращение до практически возможного минимума рассматривался как дополнительное средство повышения скорости.

Анализ результатов работы в течение дня опытной эксплуатации дал возможность установить основные причины невыполнения установленной НКПС технической скорости движения — 60 км/ч.

На рис. 1 приводится сравнительная диаграмма времени хода на участке Ленинград — Н. Петергоф при разных способах ведения поезда.

Как видно из этих данных, общее время хода при ослабленном поле двигателей и минимальном выбеге удалось снизить на 8%, а при ночной поездке даже на 14%. Соответственно увеличилась средняя техническая скорость с 51,7 км/ч

до 56 км/ч, т. е. на 8,7%, а при ночной поездке до 60 км/ч, или на 15,5%.

Общая продолжительность выбега на всех перегонах снизилась с 5,47 мин до 1,78, т. е. в 3 раза.

Если проанализировать движение на отдельном перегоне Дачное-Лигово и построить кривую движения для обычной поездки и опытных поездок с поправкой на правильную работу реле ускорения, то неизбежно приходим к выводу о возможности не только выполнить, но и перевыполнить заданную техническую скорость.

Так, поездом № 329 перегон Дачное-Лигово протяжением 5,4 км пройден за 5,8 мин, что дает среднюю скорость 56 км/ч.

На рис. 2 показана кривая движения на перегоне. На этом же рисунке пунктиром показано, как изменится кривая движения при уничтожении выбега. Это изменение в режиме движения поезда экономит на общем времени 0,1 мин, иначе говоря, ехать со скоростью 57 км/ч.

Реле ускорения как при обычных поездках, и опытных работало ненормально, реализуя ускорение в 0,2 м/сек<sup>2</sup> вместо нормального в 0,5 м/сек<sup>2</sup>.

Из рис. 3 видно, что, осуществляя заданное ускорение, можно сэкономить 0,5 мин или ехать со скоростью 62,3 км/ч.

Наконец, комплексное применение всех мероприятий: уничтожение выбега, нормальное ускорение и применение ослабленного поля электродвигателей, — дает возможность свести время на перегоне Дачное-Лигово (рис. 4) до 4,2 мин вместо 5,8 мин и сэкономить 27,6% времени, т. е. ехать со средней скоростью в 77,1 км/ч. Такая скорость выше существующей на 39,4%.

Работая с пониженным ускорением и теряя при этом самым 20—25 сек на каждом перегоне, удалось все же довести скорость до 56 км/ч. Повышение ускорения до нормального создает на участке Ленинград — Н. Петергоф экономию, что соответствует увеличению скорости на 4—5 км/ч. Таким образом можно достичь технической скорости 60 км/ч.

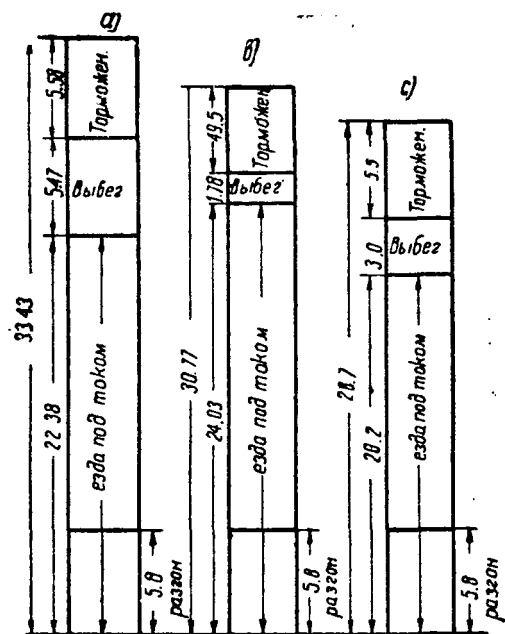


Рис. 1. Диаграмма времени хода при разных способах ведения поездов: а — обычная поездка; б — езда без выбега с ослабленным полем двигателей; в — езда без выбега с ослабленным полем двигателей и повышенным напряжением на подстанции

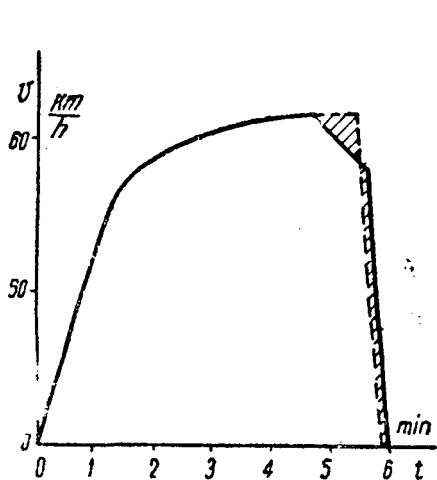


Рис. 2. Кривая движения на перегоне Дачное - Лигово

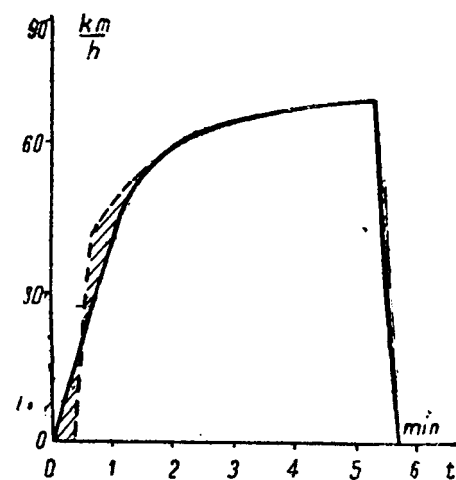


Рис. 3. Кривая движения по перегону Дачное - Лигово с нормальным ускорением без выбега

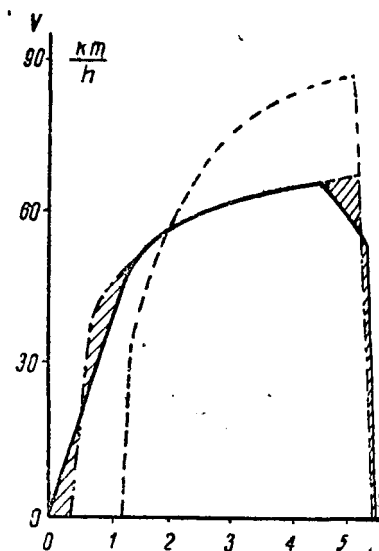


Рис. 4. Кривая движения по перегону Дачное - Лигово с ослабленным полем двигателей

Следующий логический этап в борьбе за скорость — доведение напряжения до нормы или некоторое превышение ее. Норма напряжения — 1500 V на пантографе подвижного состава с уменьшением этой величины до 1650 V у подстанции. Это, несомненно, условной величиной, которая может быть несколько изменена в сторону увеличения без ущерба для подвижного состава.

Оставляя пока в стороне проблему значительного повышения напряжения, бригада поставила перед собой задачу поднять его, переключив анцапфы трансформаторов на всех подстанциях со среднего положения на ступень  $+5\%$ . Такое незначительное повышение напряжения вряд ли может вредить тяговым моторам и вспомогательному оборудованию.

Как как поездка при переключенных анцапфах трансформаторов на подстанциях происходила в это время, — напряжение на подстанциях повысилось более чем на  $5\%$  из-за уменьшения падения его в высоковольтной сети. В результате напряжение при ходе под током составило около 1700 V — на  $5\%$  выше нормы и на  $18\%$  выше номинального напряжения, при котором происходило движение во время дневных поездок. При этом скорость возросла с 56 до 60 м/ч. Это обстоятельство может быть объяснено следующим образом: повышение напряжения влияет на скорость движения далеко не в такой степени, как это обычно принимают в приближенных расчетах. Если пренебречь влиянием напряжения на среднюю фактическую скорость, то обнаружилось бы, что влияние сказывается еще меньше.

Следует считать, что изменение напряжения на  $3\%$  должно было оказать влияние не более чем на  $13—14\%$  на некоторую часть хода поезда, которая составляет  $60\%$  от общего ходового времени. Поэтому общее влияние напряжения на скорость и составит примерно  $7\%$ .

Как мы установили, что, изменяя ускорение, можно довести скорость до 60—61 км/ч, то, по соответствию, напряжение до тех же значений, при которых происходила ночная поездка, можно поднять скорость еще на 3 км, доведя ее, например, до 64—65 км/ч.

Для дальнейшего повышения напряжения на подстанции будет возможно за счет переключения анцапф трансформаторов на подстанциях, следует пойти на это мероприятие, изучив предварительно, не выйдет ли при этом напряжение далеко за пределы норм и не вызовет ли повышение напряжения вредных явлений во вспомогательном оборудовании подвижного состава.

Для проверки правильности результатов поездки 4 марта 1936 г. бригада организовала 23 мая опытный день эксплуатации, в течение которого проведено было 16 опытных поездок по программе против первой программы.

На основе опытных дней эксплуатации 24 марта 1936 г. бригада пришла к следующим выводам:

Считать возможным за счет повышения скорости и сокращения стоянок уменьшить время на электропоездов на участке Ленинград — Введенское. а) слабо

49 мин до 38; б) средней населенности — с 49 мин до 41, в) на 5 мин время пробега сильно нагруженных поездов.

2) Необходимо повысить напряжение в контактной сети переключением анцапф трансформаторов на тяговых подстанциях.

3) Для увеличения скорости вождения осуществить следующие мероприятия: а) свести к минимуму езду на первой позиции во время разгона, б) уничтожить выбег, в) отрегулировать реле ускорения, г) узаконить езду с ослабленным полем двигателей, как основной метод вождения поездов.

Кроме того, следует обеспечить возможность стахановцам-машинистам еще больше повысить скорости движения электропоездов.

Необходимо констатировать, что наиболее острым вопросом эксплуатации тяговых подстанций является низкое использование оборудования, установленного на подстанциях.

Если при беспорядочном движении на дороге планировать работу оборудования подстанции оказывалось затруднительным, то теперь, когда график движения поездов является железным законом, планирование работы тяговых подстанций должно явиться одним из важнейших способов интенсивного использования оборудования, выявления скрытых резервов и обеспечения бесперебойного снабжения поездов электрической энергией.

На подстанциях Октябрьской дороги коэффициент использования установленной мощности не превышает  $10—13\%$ . Такое низкое использование оборудования обусловлено незначительной загрузкой агрегатов. Как правило, на подстанциях работают параллельно два ртутных выпрямителя не из условий нагрузки, а из условий защиты.

Это обстоятельство вынудило бригаду искать способы, исключающие необходимость в таком неблагоприятном режиме работы выпрямителей.

В виде опыта была произведена на первой подстанции перерегулировка установки масляных выключателей агрегатов с таким расчетом, чтобы нормально работали не два агрегата, а один.

Результаты этого опыта представляются следующими данными: за 23, 25 и 26 апреля 1936 г. первый ртутный выпрямитель на первой подстанции проработал 32,5 ч и переработал 4,213 кВт энергии. Значит, его средняя мощность составляла 130 кВт, что соответствует при мощности агрегата 1000 кВт среднему коэффициенту использования  $13\%$ . За это же время второй агрегат проработал 31,5 ч и переработал 4,104 кВт при том же коэффициенте использования  $13\%$ . Если бы включить в работу один агрегат, то нагрузка его возросла в 2 раза, но вследствие резких колебаний тяговой нагрузки, отдельных кратковременных пик, появляющихся при трогании с места одного или нескольких поездов, один ртутный выпрямитель, будучи загружен на  $25—26\%$ , имел бы кратковременные перегрузки выше допустимых. Согласно ОСТ на ртутные выпрямители кратковременные перегрузки свыше  $100\%$  недопустимы для них. Однако уже давно улучшение качества выпрямителей позволяет пересмотреть эту норму перегрузки. Если допустить кратко-

временную перегрузку не в 2, а в 2,5 или 3 раза, то ртутный выпрямитель вполне с нею справится.

В соответствии с этим обстоятельством была произведена (по указанию бригады) перерегулировка реле масляного выключателя на перегрузку в 160%, т. е. на нагрузку, превышающую нормальную в 2,6 раза.

В этих условиях отдельные пики не вызывали отключения масляного выключателя и один агрегат мог справляться с работой. За указанные выше дни один агрегат — третий ртутный выпрямитель — проработал на первой подстанции 54 h и переработал 11,880 kWh, что отвечает средней загрузке 22%. Если рассмотреть отдельный день, который полностью обслуживался одним агрегатом, — 24 апреля, то коэффициент загрузки составляет 23,5%.

Тщательный надзор за агрегатом показывает, что ни вакуум ни температура воды не дают каких-либо тревожных показаний и, повидимому, перегрузка ртутного выпрямителя в 2,5—3 раза вполне допустима.

Какие же главные достоинства такой работы подстанций?

1) Прежде всего то, что значительно увеличивается мощность подстанции, обнаруживается „скрытый резерв“. Современные размеры движения загружают на первой подстанции один из трех агрегатов на 25%.

2) Создается возможность еще более тщательного ухода за оборудованием во время отключения его, и значительно увеличивается надежность работы подстанции.

3) Наконец, получается значительная экономия энергии, бесполезно теряемая в агрегатах.

Уравнение теряемой мощности для выпрямителя типа РВ 16/20 имеет вид:

$$P' = 20\gamma^2 + 20\gamma + 1\gamma,$$

а теряемая в нем энергия

$$W' = 20 \frac{T_0^2}{T} k^2 + 20T_0 + 10T,$$

где  $\gamma$  — коэффициент загрузки,

$T$  — число часов работы,

$T_0$  — число часов использования агрегата,

$k$  — коэффициент квадратичности.

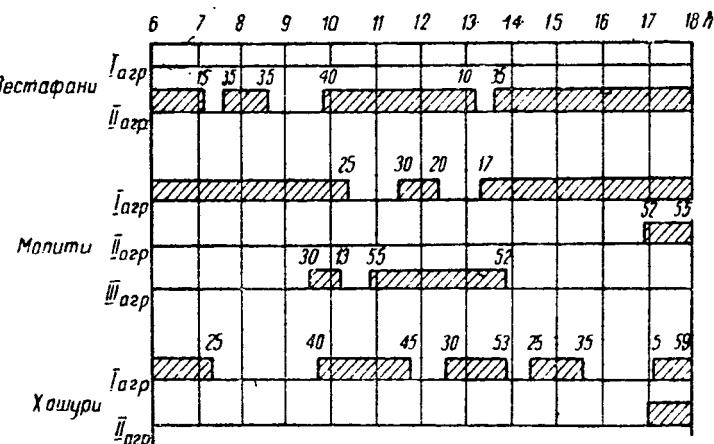


Рис. 5. График работы за опытный день

Применяя эти формулы к данным за 24 в предположении, что работали два агрегата найдем:  $T=21$ ,  $T_0=2,45$  и  $W'=532$  kWh. По ном агрегате  $T=21$ ,  $T_0=4,9$  и  $k=1,1$  и  $W'=335$  kWh.

Это значит, что суточная экономия составит 197 kWh. При переходе на работу одним агрегатом на всех подстанциях экономия составит более 10 000 руб. Коэффициент полезного действия самого ртутного выпрямителя в этом случае повысится с 89,8 до 93,5%.

Необходимо попутно отметить, что «Электросила» в вопросе пересмотра допустимых перегрузок советских ртутных выпрямителей занимает не совсем достойную для него позицию, граничащую с техникой консерватизма.

На основе опыта работы заведующего подстанцией стахановца т. Поршина, а также смелых начинаний ряда стахановцев на подстанциях других дорог, — можно смело утверждать, что в наших советских выпрямителях значительный резерв.

Оборудование подстанций Сурамского вала, состоящее из мотор-генераторов, жено в очень малой степени. Изучение нового материала, а также непосредственное знакомство с работой тяговых подстанций — Ха Молити и Джугели — свидетельствует о том, что среднее использование оборудования станций не превышает 20%.

Вместе с тем работники участка энергоснабжения Закавказской ж. д. и отдела электрификации поставили вопрос о необходимости увеличения мощностей этих подстанций, так условия эксплуатации требовали, несмотря на малую загрузку агрегатов, систематическое подключение всех наличных агрегатов на подстанции, так что значительную часть времени подстанции работали без резервов.

Для выяснения этих ненормальностей эксплуатации был проведен, после соответствующей подготовки, опытный период работы в системе энергоснабжения. Опытный период начался в 6 h утра. После первого часа работы выяснилась возможность не только не включать второй и третий агрегаты на подстанции, но и возможность отключения целых подстанций.

В соответствии с этим в 7 h 15 min (рис. 5) была отключена подстанция Зестафони и в 25 min была отключена подстанция Хашури. Подстанция Хашури простояла в течение 2 h 15 min, так как движение в этот период не вызвало необходимости загрузки ее. На графике работы агрегатов (рис. 5) видно, что за отчетный период в течение 12 час. подстанция Хашури была в общей сложности свыше 4 h и только в течение 1 h на ней работали два агрегата. На подстанции Зестафони суммарный перерыв за 12 h составил 2 h и второй агрегат не подключался на подстанцию. На подстанции Молити были известные периоды, когда работали одновременно два агрегата, все же на этой подстанции удалось выдержать полчаса, в течение которого она совсем не работала. Это обстоятельство тем более полезно, что подстанция эта является наиболее загруженной и обычно на ней работают два

почти круглые сутки. Движение в течение этого периода было на 12% больше. Основным критерием для суждения о нагрузке оборудования и решения вопроса о необходимости подключения дополнительных машинистов бригады считала температуру оборудования.

Члены самопишущего амперметра на подстанции Молоти за этот период видно, что оборудование подстанции выдержало весьма значительную перегрузку. Так например, между 8 и 9 ч машина работала с почти двухкратной перегрузкой. Такое же положение наблюдалось между 9 и 9,5 ч, когда перегрузка в этот момент достигала 2,5-кратной. Аналогичную перегрузку можно наблюдать и в другие часы суток, причем последний час работы оборудования от 16 до 17 ч вечера характеризовался повышенной (а иногда и более чем 3-кратной) перегрузкой оборудования в течение целого часа.

Показатели работы за опытный период следующие:

Диспетчер, своевременно анализируя выполнение графика движения и составляя план работы подстанции на ближайшие часы, имеет возможность значительно сократить количество аварийно-ремонтных часов и сэкономить энергию, бесполезно идущую в оборудовании. За изучаемый период удалось сократить расход энергии на 43%.

2. При правильной диспетчерской работе выявляется значительный резерв оборудования подстанции. Из сравнения показателей опытного дня (28 января 1936 г.) с показателями средней работы за 17-е число того же месяца видно, что все подстанции имеют значительную резервную мощность.

Конечно, мероприятия по повышению скорости движения поездов и напряжения в контактной сети по вскрытию резервов на тяговых подстанциях далеко не исчерпывают возможностей, которые обнаружит транспортная энергетика, свободная от предельческих установок и традиций.

Следовало бы, кстати, отметить, что такому эффективному мероприятию по повышению надежности электроснабжения и снижению эксплуатационных расходов, как автоматизации тяговых подстанций, не уделяется должного внимания, несмотря на освоение нашей промышленностью всего необходимого для этой цели комплекса автоматической аппаратуры.

Борьба за использование скрытых резервов в электрохозяйстве электрических ж. д. должна обеспечить выполнение партийного решения, по которому основными задачами развития стахановского движения в энергетике является повышение использования оборудования и переход на безаварийную работу.

## Фундаментальные задачи проектирования нового подвижного состава для электрических железных дорог<sup>1</sup>

FUNDAMENTAL PROBLEMS ARISING IN CONNECTION WITH NEW ROLLING STOCK DESIGNING FOR ELECTRICAL RAILWAYS

Б. Г. Лившиц

Завод „Динамо“ им. С. М. Кирова

ВНЕШНЕЕ стахановско-кривоносовское движение на транспорте выдвигает с особой силой ряд новых условий, которые должны быть положены в основу проектирования нового подвижного состава.

Стремясь к полноте охвата поставленной задачи, попытаемся определить все же, хотя бы основные задачи проектирования отдельных видов электрической тяги — магистральные и пригородные ж. д., метро, промышленный транспорт, дизельэлектровозы и автомототрамваи и троллейбус.

В настоящее время на электрифицированных ж. д. работают 7 американских электровозов GE<sup>2</sup>, 8 итальянских электровозов типа Си поставки BBC<sup>2</sup>, 21 электровоз GE, около 100 электровозов типа ВЛ, 1 электровоз типа СК, все поставки завода «Динамо» им. С. М. Кирова и Коломзавода, т. е. всего на наших дорогах работают 5 различных типов товарных электровозов.

Кроме того, заводом «Динамо» и Коломзаводом был построен пассажирский электровоз типа ПБ.

Все пять типов товарных электровозов различаются между собой в той или иной степени исполнением механического и электрического оборудования, но имеют одну и ту же примерно тяговую характеристику. Некоторое различие весов поездов, провозимых разными электровозами, объясняется по заключению комиссии НКПС<sup>2</sup> различным сцепным весом.

Приводим основные характеристики электровозов Сс, ВЛ и СК.

<sup>2</sup> Эта комиссия проводила испытания электровозов ВЛ и СК на Закавказской железной дороге в июне—июле 1936 г.



Рис. 1. Товарный электровоз ВЛ-19

	Сс	ВЛ	СК
1. Сцепной вес, t . . . . .	132	120	132
2. Формула ходовых частей .	$Co + Co$	$Co + Co$	$Co + Co$
3. Давление на ось, t . . . . .	22	20	22
4. Мощность часового режима, kW . . . . .	2040	2040	2040
5. Усилие тяги, t . . . . .	24	20	20
6. Скорость, km/h . . . . .	31,5	36,5	36,5
7. Мощность длительного режима, kW . . . . .	1800	1800	18,0
8. Усилие тяги, t . . . . .	20,0	17,5	17,5
9. Скорость, km/h . . . . .	32,5	38	38
10. Конструктивная скорость, km/h . . . . .	67	80	80
11. Усилие тяги при $\varphi = 0,25$ t . . . . .	33	30	33
12. Напряжение в контактном проводе, V . . . . .	3000	3000	3000
13. Удельный вес, kg/kW . . . . .	64,7	58,8	64,7

В настоящее время первоочередной задачей является постройка опытного электровоза типа СК повышенной мощности. На этом электровозе должны быть установлены двигатели ДК-ЗА по 450 kW часовой мощности вместо двигателей ДПЭ-340А (часовая мощность 340 kW). Техническая характеристика электровоза:

1. Сцепной вес . . . . .	138 t
2. Формула ходовых частей .	$Co + Co$
3. Давление на ось . . . . .	23 t
4. Мощность часового режима .	2700 kW
5. Усилие тяги . . . . .	22,5 t
6. Скорость . . . . .	43,7 km/h
7. Мощность длительного режима . . . . .	2330 kW
8. Усилие тяги длительного режима . . . . .	18,6 t
9. Скорость длительного режима . . . . .	45,7 km/h
10. Конструктивная скорость .	92,5 km/h
11. Усилие тяги при $\varphi = 0,25$ .	34,5 t
12. Напряжение в контактном проводе . . . . .	3000V
13. Уд. в. . . . .	51,1 kg/kW

Приведенные цифры показывают, что электровоз с такой технической характеристикой позволит увеличить вес состава и даст большое увеличение скорости, в случае благоприятных результатов опытов с гидравлическими амортизаторами.

Следующими в смысле задачи являются: а) решение допустимого воздействия (вертикального и продольного) в кривые; б) создание конструкции привода, дающей малую величину «необходимой» массы; в) определение условий применения электрического тягового усилия; г) установление оптимальных типов рессорного подвеса и других частей механической части.

Решение этих существующих задач позволит подойти к проектированию нового типа электровоза большой мощности, произведенным нами под максимальной часовой мощностью электровоза, ограничиваемая напряжением 3000 V, постоянно

в контактном проводе, равняется около 6000 kW.

Электровоз такой мощности даст неплохое использование автосцепки и будет иметь малую скорость не менее 100 km/h.

Далее, в целях всемерной экономии на металлов необходимо повысить напряжение в контактном проводе, причем возможны решения: 6000 V постоянного тока и 20000 Hz однофазного тока.

В обоих случаях вопрос использования электровозов мощностью 6000—7000 kW разрешен вполне удовлетворительно.

Не останавливаясь на технико-экономическом сравнении обеих систем, следует лишь подчеркнуть, что проблема применения однофазного тока может быть разрешена только проведением сравнительных испытаний различных электровозов (с ртутным выпрямителем, с моторгенератором, с двигателем Бенедикта и др.), как это

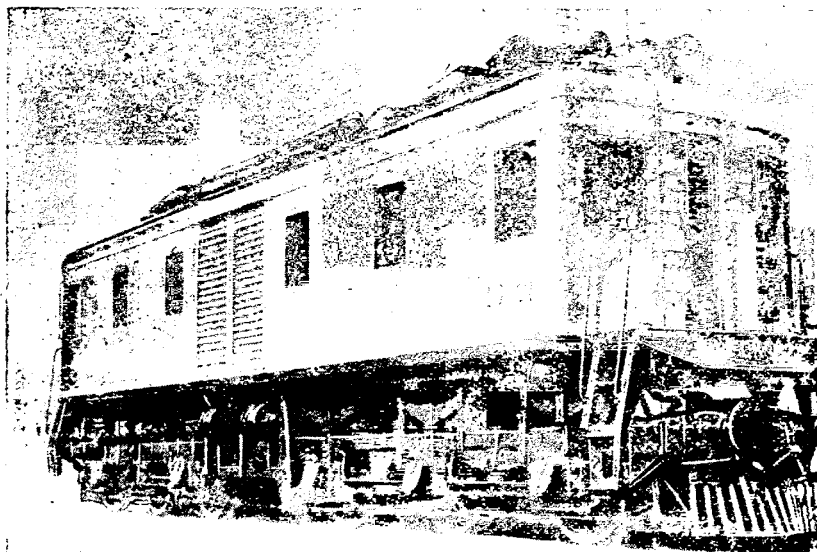


Рис. 2. Товарный электровоз СК-01

позволено Комиссией по вы-  
системы тока и Академией  
ССР<sup>4</sup>.

и применения системы од-  
тока необходимо пред-  
следующее.

ставить проект товарного  
воза однофазно-постоянно-  
с вращающимся пре-  
ателем (моторгенератором),  
основное внимание проек-  
иков должно быть обраще-  
получение возможно мень-  
еса электрического оборуд-  
я. Предварительные подсче-  
изведенные машинным бю-  
да «Динамо» им. С. М. Ки-  
роказывают, что эта задача  
разрешима. Одно из важ-  
препятствий, стоящих на  
азвития мотор-генераторных  
овозов, тем самым устра-

овести испытание двигателя  
Бенедикта для решения вопроса о проекти-  
и электровоза с этими двигателями.

проектировать и построить мощные тира-  
(250—300 А длительного тока в одной  
при напряжении не менее 1500—3000 В).  
запоприятных результатах в этом направ-  
можно будет приступить к разработке  
а вентильного двигателя по одной из наи-  
совершенных схем<sup>5</sup>.

рейшее освоение мощных тиратронов за-  
«Светлана» позволит разрешить целый ряд  
важных проблем.

**Городные железные дороги.** Существую-  
тип мотор-вагонного подвижного состава  
спрофилировался в 1926—1927 гг. и конструкция  
получила с тех пор каких-либо существен-  
изменений. Далекий от совершенства в мо-  
естройки и морально совершенно устарев-  
тип этих вагонов не может уже, понятно,  
удовлетворить предъявляемым к нему тре-  
бам в отношении скорости сообщения  
ства пассажиров.

ичение скорости сообщения для чисто  
одного (дачного) движения возможно  
при радикальном уменьшении веса вагона.  
нее может быть достигнуто применением  
енных сталей и легких металлов. Одно-  
но необходимо максимально упростить  
шить всю конструкцию вагона.  
повышении скорости сообщения требуется,  
того, улучшить обтекаемость вагона, так  
ксимальная скорость может быть доведена  
130 km/h.

ующей задачей, стоящей перед проекти-  
ом, является повышение пускового уско-  
до 0,6—0,8 m/sec<sup>2</sup> и тормозного замедле-  
1 m/sec<sup>2</sup> и выше. Для осуществления та-

совещании Транспортной секции Академии наук  
конце декабря 1935 г.; впервые в Ленинграде весной

например, статью автора в Бюллетене завода «Ди-  
С. М. Кирова № 5, 1936, и статью инж. Тихменева  
«Электричество» № 12, 1935.

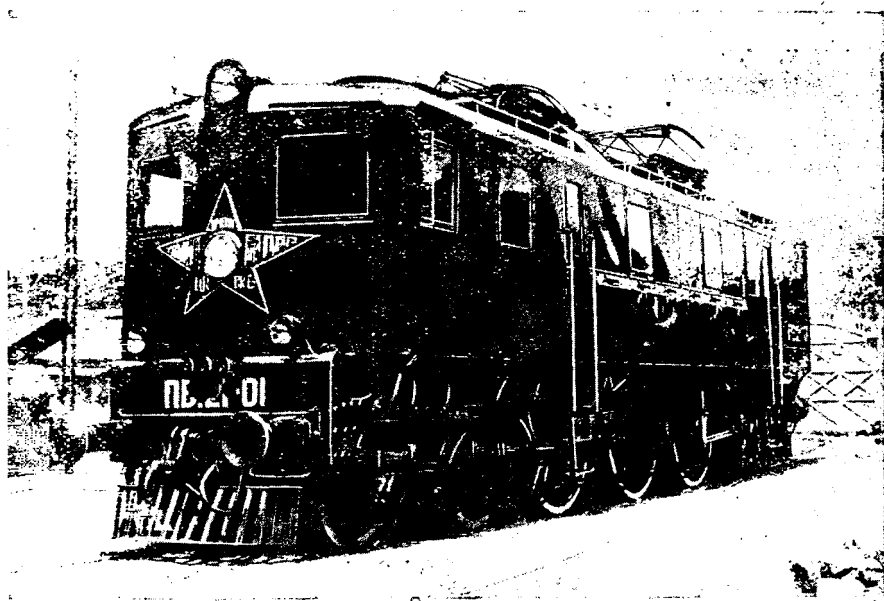


Рис. 3. Пассажирский электровоз ПБ-21

ких величин ускорения и замедления следует  
решить вопрос о повышении мощности тяговых  
двигателей, увеличении плавности пуска и введе-  
нии электропневматических тормозов и авторе-  
жима.

Обеспечение удобства пассажиров выдвигает  
новые серьезные проблемы, требующие безотла-  
гательного решения. К числу их относятся отоп-  
ление, вентиляция и освещение вагона.

Существующая система отопления и вытяжной  
вентиляции явно неудовлетворительна и до вве-  
дения современной системы (кондиционирование  
воздуха) следует решить задачу о создании си-  
стемы, обеспечивающей нормальные, с гигиени-  
чески санитарной точки зрения, условия пребы-  
вания пассажира в вагоне.

Освещенность вагона должна быть значитель-  
но усилена, для чего следует запроектировать  
более совершенную конструкцию арматуры и ее  
расположение и повысить мощность отдельных  
источников света.

Кроме всех перечисленных мероприятий, в про-  
екте нового вагона должна быть коренным обра-  
зом изменена внутренняя отделка кузова.

Развитие электрификации магистральных ж. д.  
требует создания нового типа мотор-вагонного  
подвижного состава, рассчитанного на между-  
городнее сообщение. В этом типе, предназначен-  
ном к обслуживанию значительно меньших (чем  
пригородных) пассажирских потоков, нет необ-  
ходимости осуществлять большого ускорения  
вследствие значительных расстояний между оста-  
новками. Для повышения скорости сообщения  
здесь следует запроектировать вагон на большие  
технические скорости порядка 150—180 km/h.

Возможность получения таких скоростей свя-  
зана с решением ряда конструктивных задач,  
к главным из которых относятся: уменьше-  
ние веса (давление на ось не более 15—16 t),  
уменьшение воздействия на путь (в первую оче-  
редь требующее осуществления подвески двига-  
теля, обеспечивающей полное «обрессоривание»  
всей его массы), создание обтекаемой конструк-



ции кузова, токоснимание при больших скоростях и т. д.

Не менее важными для скоростных моторных вагонов являются задачи исследования возможности осуществления вагонов на 20000 V 50 Hz однофазного тока.

Решения здесь значительно более трудны, чем для электровазов, вследствие ограниченности места для расположения аппаратуры.

**Метро.** В основу проектирования вагонов метро первой очереди были положены условия получения наивыгоднейших технических показателей, стоящих на уровне лучших заграничных образцов и полное исключение элемента ненадежности во всех деталях оборудования. Эта цель была достигнута, и после полугодовой эксплуатации можно еще раз сказать, что построенные без иностранной помощи вагоны московского метрополитена являются одними из лучших в мире.

При проектировании вагонов для линий следующей очередности уже можно и нужно, опираясь на накопившийся опыт, дополнительно разрешить ряд задач, позволяющих усовершенствовать все оборудование и поставить вагоны нашего метро на первое место в мире.

В первую очередь следует разработать систему торможения — элемент, являющийся наиболее ответственным в эксплуатации. При правильном и удачном выборе системы и конструктивном ее разрешении достигаются сразу несколько весьма важных преимуществ: 1) экономия тормозных колодок, 2) отсутствие металлической пыли в тоннеле, 3) повышение скорости, 4) увеличение безопасности движения и т. д.

Для вагонов второй очереди метро запроектировано электрическое реостатное и электропневматическое торможение с применением в обоих случаях авторежима.

Не менее важной является проблема максимально плавного пуска. Осуществление плавного пуска и более совершенная система торможения позволяют повысить пусковое ускорение и тор-

можное замедление до 1,4—1,5 m/sec<sup>2</sup> вместо проектированного для вагонов второй очереди 1 m/sec<sup>2</sup>.

Естественно, что такие величины ускорения и замедления в значительной мере будут способствовать увеличению скорости сообщения, особенно для коротких перегонов, что характерно для метро.

Наконец, перед проектировщиками стоит вопрос уменьшения веса вагона путем применения легких сплавов и высококачественных сталей, что позволит еще более повысить скорость движения.

Решение всего комплекса задач позволит улучшить вагоны, являющиеся во всех отношениях последним словом техники. Небезынтересно привести некоторые показатели, являющиеся рекордными, опытных вагонов нью-йоркского метрополитена: 1) вес на одного пассажира — 110 kg; 2) ускорение и замедление — 1,4 m/sec<sup>2</sup>; 3) скорость сообщения — 30 км/ч (перегоны — 570 м, остановка — 15 sec); 4) потребляемая мощность — 5,15 kW/t.

**Промышленные электровазы.** Общий термин «промышленные электровазы» охватывает электровозы, предназначенные для работы на промышленных путях, сравнительно небольшой протяженности. Сюда относятся электровазы: а) для надземной откатки, работающие на шахтах комбинатах с значительной грузонапряженностью (например, Магнитогорск, Прибалхашский комбинат и др.); б) для внутризаводского транспорта; в) внутрицехового транспорта; г) для подпольной откатки (рудничные) и д) трансферкары.

В следующих трех таблицах приведены основные характеристики электровазов, строящихся на заводе «Динамо» им. Кирова и КЭС им. Орджоникидзе (трансферкары строятся на ташкентском заводе).

Кроме перечисленных типов, начато проектирование двух новых типов электровазов — фазного коксового и тяжелого троллейного электроваза.

Таблица

Основные данные по промышленным электровазам постоянного тока

№	Наименование	Т и п					
		ЭП	ДКМ-12	АК	Тр-Акк	К	СО
1	Общая характеристика . . . . .	Троллей-ный	Троллей-ный	Троллей-ный	Троллейно-аккумуляторный	Коксо-тушильный	Троллей-ный
2	Напряжение на токоприемнике, V . . . . .	550	550	750	750	220	750
3	Сила тяги на ободе колес при часовом режиме, kg . . . . .	3700	3700	3700	3700	1500	1750
4	Скорость при часовом режиме, km/h . . . . .	13,8	13,8	19,4	19,4	10	18,4
5	Емкость аккумуляторной батареи, Ah . . . . .	—	—	—	600	—	—
6	Напряжение батарей, V . . . . .	—	—	—	220	—	—
7	Колея, mm . . . . .	1524	1000	1524	1524	1524	1524
8	Формула ходовых частей . . . . .	Bo	Bo	Bo	Bo	Bo	Bo
9	Полный сцепной вес, t . . . . .	25	30	25	30	17	30

Примечания: 1. Электроваз типа ЭП изготавливается в двух исполнениях: а) с узким кузовом — ширина 2350 мм; б) с широким кузовом — ширина 2900 мм.

2. Электровазы типа ДКМ-12 и СО, кроме главного токоприемника-пантографа, оборудуются двумя боковыми приемниками для питания электроваза от провода, расположенного сбоку от оси пути.

Основные данные по рудничным электровозам

Наименование	Т и п				
	1АР-113	3АР-113	1ЭТР	3ЭТР	„Лилипут“
<b>Общая характеристика</b>					
Напряжение аккумуляторной батареи, V . . . . .	Аккумуляторный 125	Аккумуляторный 125	Троллейно-кабельн. —	Троллейно-кабельн. —	Аккумуляторный 50
Напряжение на токоприемнике, V . . . . .	—	—	250	250	—
Сила тяги на ободе колес при часовом режиме, kg . . . . .	1080	1080	1090	1090	420
Скорость при часовом режиме, km/h . . . . .	5,2	5,2	7,62	7,62	4,25
Ширина колеи, mm . . . . .	550	750	600	750	480
	575	900	—	900	500
	600	—	—	—	550
	—	—	—	—	575
	—	—	—	—	600
Формула ходовых частей . . . . .	В <sub>0</sub>	В <sub>0</sub>	В <sub>0</sub>	В <sub>0</sub>	В
Полный сцепной вес, t . . . . .	6	6,5	6	6	2,6
Вес аккумуляторной батареи с ящиком, t . . . . .	2,8	2,8	—	—	1,0
<b>Характеристика аккумуляторной батареи</b>					
Тип аккумуляторных элементов . . . . .	—	Свинцовые ГО-39-VIII или ЭТТ-250	Свинцовые ГО-39 или ЭТТ-250	—	ЭТТ-200 трубч.
Колич. элементов . . . . .	62	62	—	—	25
Емкость, Ah . . . . .	168 или 250	168 или 250	—	—	200
Продолжительность зарядки, h . . . . .	5	5	—	—	5

Примечания: 1. Электровозы типа 1АР-113 и 3АР-113 и „Лилипут“ могут быть изготовлены во взрывобезопасном исполнении.

С 1937 г. все электровозы типа 1АР-113 и 3АР-113 будут оборудоваться только батареями типа ЭТТ-250, емкость

Таблица 3

Основные данные по специальному подвижному составу

Наименование	Т и п		
	коковый транс- феркар	рудный транс- феркар	самораз- гружаю- щийся электро- вагон
Напряже- ние, V . . . . .	Постоян- ный 220	Постоян- ный 220	Трехфаз- ный 380/220
Сила тяги на ободе колеса при часовом режиме, kg . . . . .	850	850	—
Скорость при часовом ре- жиме, km/h . . . . .	8	8	10
Ширина колеи, mm . . . . .	1524	1524	750
Формула ходовых частей . . . . .	В <sub>0</sub> + В <sub>0</sub>	В <sub>0</sub> + В <sub>0</sub>	В
Грузоподъемность, t . . . . .	30	60	3,5
Сцепной вес, t . . . . .	75	55	4
Сцепной вес брутто, t . . . . .	105	115	7,5
Высота кузова, m . . . . .	60	30	2

Основными задачами проектирования в области промышленного транспорта являются:

1. Конструкция рудничных электровозов.  
2. Исследование возможности унификации ширины колеи для рудничных электровозов. В настоящее время на шахтах имеются колеи шириной 480, 500, 550, 575, 600, 750, 900, 1100 и 1168 mm. Имеются, правда, единичные случаи, где ширина колеи меньше 475 mm (табл. 3). Унификация ширины колеи позволит

в кратчайший срок выполнить указание тов. Серго Орджоникидзе о замене конной обкатки электровозной и будет способствовать дальнейшему развитию стахановского движения в шахтах.

3. Установление серии электровозов и стандартизация ее.

4. Создание надежной защиты от искрения для троллейных электровозов в газоопасных шахтах. Такого рода защита позволит полностью отказаться от применения аккумуляторных электровозов с тяжелой и трудно эксплуатируемой аппаратурой и высвободит значительное количество аккумуляторных батарей.

Весьма интересны в этом отношении работы инженера Лейбова, использовавшего идею защиты электрического вентиля управляющей сеткой.

**Дизельэлектровозы и автомотрисы.** В области дизельэлектрического транспорта можно наметить две основных задачи проектирования — маневровый локомотив и скоростная автомотриса.

Преимущества дизельэлектрического локомотива как маневрового по сравнению с другими типами локомотивов (паровоз, электровоз) общеизвестны. Установка на таком тепловозе второго источника питания — аккумуляторной батареи — позволяет получить технически весьма совершенный локомотив, имеющий хорошие экономические показатели.

Основные задачи проектирования автомотрисы: а) максимально возможное уменьшение веса; б) разработка конструкции подвески тягового двигателя, обеспечивающей минимум необремененной массы; в) повышение удельной мощно-

сти; г) установление обтекаемых форм, дающих наименьшую величину сопротивления движению, и т. д.

Весьма ответственным объектом является серийная пригородная автомотриса, при проектировании которой должен быть учтен опыт постройки первой автомотрисы, выпущенной Калужским заводом, и тщательно проанализированы результаты предстоящих испытаний.

Наконец, серьезнейшей проблемой для всего дизельэлектрического подвижного состава является создание быстроходного дизеля с малым весом на единицу мощности.

**Трамвай.** В этой области должны быть разрешены две кардинальных задачи: а) создание нового, совершенного, отвечающего всем требованиям современной техники, трамвайного вагона

и б) модернизация существующих трамвайных вагонов.

Первая проблема связана с решением целого комплекса задач, легко определяемых, если тщательно изучить помещенную ниже таблицу, в которой приведены основные показатели новейших трамвайных вагонов Бруклина, Чикаго и Балтимора.

Трамваи эти построены на основании предложений, разработанных Объединенной комиссией (РСС — President's Conference Commitee), начавшей свою работу около пяти лет назад.

В основных чертах все три трамвая однотипны и различаются лишь отдельными деталями.

Принципы, положенные упомянутой комиссией в основу проектирования вагонов, сводятся к следующему: а) максимальному повышению скорости сообщения; б) простому управлению; в) максимальной безопасности; г) максимальному комфорту пассажиров; д) максимальному облегчению вагона; е) надежности в эксплуатации; ж) красивому виду; з) малым первоначальным затратам; и) малым эксплуатационным расходам.

Опытный вагон московского трамвая, построенный в 1936 г., имеет следующие основные показатели:

Длина вагона . . . . .	15,1 м
Ширина вагона . . . . .	2,55 м
Диаметр колеса . . . . .	760 мм
Общий вес . . . . .	26 т
Число мест для сидения . . . . .	52
Вес на одно место . . . . .	500 кг
Вес на единицу площади . . . . .	677 кг/м²
Пусковое ускорение . . . . .	1,2 м/сек²
Тормозное замедление . . . . .	1,2 м/сек²
Скорость на площадке . . . . .	44 км/ч
Максимальная скорость . . . . .	56 км/ч

Уже из простого сравнения приведенных таблиц видно, насколько велико наше отставание от западных стран.

Следует отметить, что упомянутые американские вагоны дают скорость сообщения при перегоне в 200 м около 22,5 км/ч.

Совершенно те же принципы, которые были приняты Объединенной комиссией, должны быть приняты и для наших условий. В этом должны быть разрешены следующие основные задачи: а) максимальное облегчение веса вагона применением легких сплавов и специальных профилей качественных сталей, получаемых путем загибки стальной ленты; б) облегченная конструкция тележки (в американских вагонах тележка собирается из труб); в) достижение тишины путем применением резиновых прокладок, амортизаторов и других специальных приспособлений; г) повышение пускового ускорения применением плавного пуска (в американских вагонах применен коллекторный контроль); д) повышение тормозного замедления. Эта задача решается применением автоматической системы торможения, которая должна быть исследована техникой. Целесообразность и возможно

Таблица 4

		Бруклин	Чикаго	Балтимора
1	Длина вагона, м . . . . .	14	15,35	14
2	Ширина вагона, м . . . . .	2,53	2,66	2,53
3	Диаметр колеса, мм . . . . .	635	635	635
4	Общий вес, т . . . . .	15,1	16,3	15,3
5	Число мест для сидения . . . . .	59	58	54
6	Вес в kg на 1 место . . . . .	256	281	283
7	Вес на единицу площади, kg . . . . .	425	397	431
8	Пусковое ускорение, м/сек² . . . . .	1,78	1,78	1,78
9	Максимальное пусковое ускорение, м/сек² . . . . .	2,1	2,1	2,1
10	Тормозное замедление, м/сек² . . . . .	1,89	1,89	1,89
11	Максимальное тормозное замедление, м/сек² . . . . .	2,1	2,1	2,1
12	Замедление при экстренном торможении, м/сек² . . . . .	4	4	4
13	Установившаяся скорость на площадке, км/ч . . . . .	67,5	67,5	67,5
14	Максимальная скорость, км/ч . . . . .	80	80	80
15	Мощность электрического отопления, kW . . . . .	10	10	10
16	Вентиляция вагона . . . . .	Принудительная с подогревом воздуха		

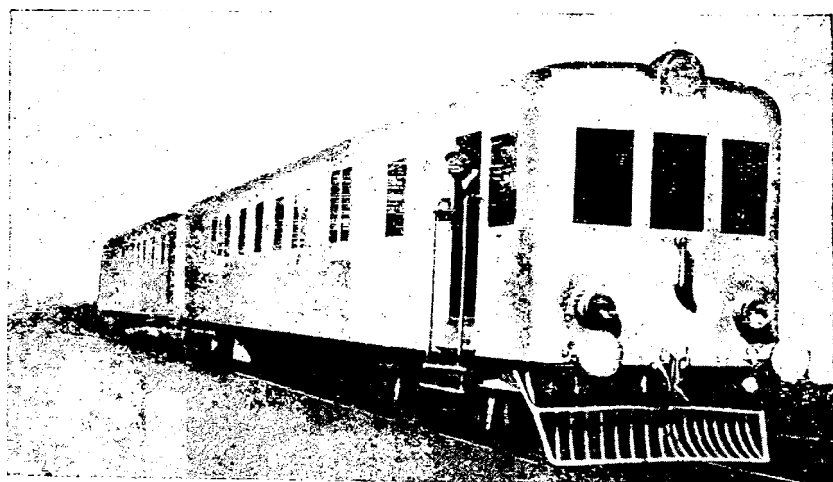


Рис. 4. Пригородная автомотриса

новки комбинации различных систем тормозов (рекуперативная, реостатная, Фико, пневматическая, электромагнитные рельсовые башмаки и др.); уменьшение диаметра колеса для достижения более быстрого обмена пассажиров на стоянках; ж) разработка системы отопления и вентиляции, обеспечивающих в первый период времени минимум санитарно-гигиенических требований с применением впоследствии кондиционирования воздуха; з) увеличение максимальной скорости до величины, которая совместно с выполнением пп. «г» и «в» позволит повысить скорость сообщения до 20—22 км/ч; и) улучшение внешнего вида и окраски вагона и т. д. Решение этих задач позволит осуществить действительно совершенный вагон, отвечающий всем культурно-бытовым требованиям и удовлетворяющий современному техническому уровню. Главная проблема — модернизация существующих трамвайных вагонов — сводится в основном к улучшению оборудования и увеличению скорости. Позднее может быть достигнуто: а) изменение передаточного числа; б) повышение пускового ускорения; в) уве-



Рис. 6. Троллейбус серии ЛК

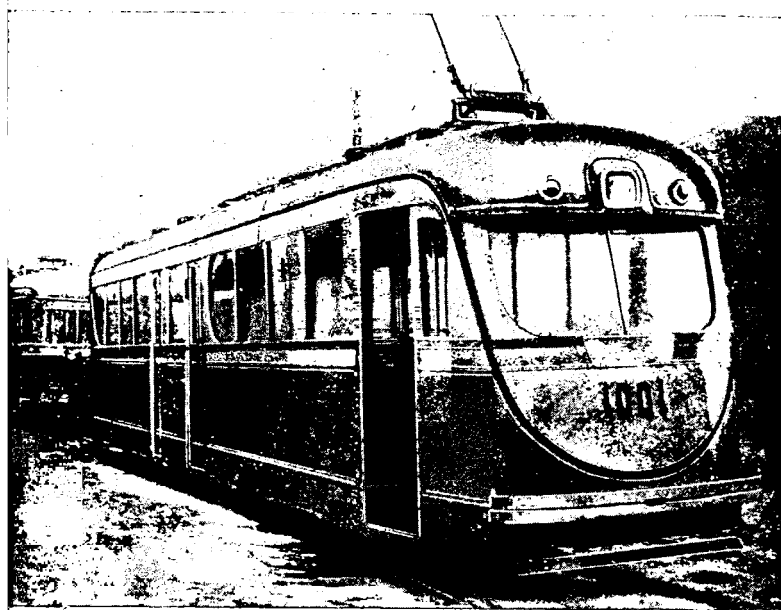


Рис. 5. Новый московский трамвайный вагон

велием плавности пуска; г) применением более мощных двигателей; д) введением шунтировки (в тех случаях, когда шунтировка почему-то не применяется) и увеличение процента тяговой силы.

**Троллейбус.** В настоящее время в нашем Союзе существуют две серии троллейбусов — ЛК и ЯГТБ, основные параметры которых приведены в следующей таблице. Для сравнения в последней столбце приведены данные Монреальского троллейбуса.

Большая разница в весе советских и зарубежных троллейбусов получается вследствие

того, что на наших машинах применяется деревянный кузов, требующий специальной несущей рамы.

	ЛК	ЯГТБ	Монреаль
Длина, м . . . . .	9,6	9,26	9,8
Ширина, м . . . . .	2,4	2,4	2,44
Вес, т . . . . .	8,7	9,5	4,6
Число мест для сидения . . . . .	36	34	38
Вес на одно место, кг . . . . .	242	280	133
Вес на единицу площади, кг . . . . .	416	550	211
Пусковое ускорение, $\text{m/sec}^2$ . . . . .	0,9	0,9	1,3—1,4
Тормозное замедление, $\text{m/sec}^2$ . . . . .	1	1	1,2
Установившаяся скорость, км/ч . . . . .	44	40	52—54

Основной проблемой является уменьшение веса троллейбуса, что может быть достигнуто следующим путем:

1. Заменой деревянного кузова стальным, безрамным. Для крупносерийного производства идеальным решением являлось бы применение штампованных кузовов. В первую же очередь кузова должны конструироваться из качественных сталей специальных профилей, получаемых загибкой стальной ленты.

2. Пересмотром конструкции всего внутреннего устройства (диваны, стекла, настил пола, обшивка, электрооборудование и т. д.).

Наконец, совершенно новым объектом является для нас двухъярусный троллейбус. Такой троллейбус значительно упрощает задачу внутригородского транспорта и получил за границей самое широкое распространение.

# Расчеты тяговых сетей и подстанции при трехпроводной системе энергоснабжения

TRACTION NETWORKS AND SUBSTATION DESIGN BASED ON THREE-WIRE SUPPLY SYSTEM

Н. А. Староскольский

Академия коммунального хозяйства

**БОЛЬШИНСТВО** заграничных электрических ж. д. постоянного тока и все электрические дороги СССР применяют двухпроводную систему энергоснабжения.

В этой системе одним проводом является питающая и контактная сети, имеющие на всем своем протяжении одинаковую полярность, а другим — служат ходовые рельсы и отсасывающие провода, присоединяющие рельсы к подстанции.

Однако, наряду с двухпроводной системой, некоторые заграничные городские и пригородные дороги в течение многих лет с успехом применяют так называемую трехпроводную систему энергоснабжения, построенную на том же принципе, что и одноименная с ней система, применяемая в распределительных сетях постоянного тока.

Принцип трехпроводной тяговой сети показан на рис. 1.

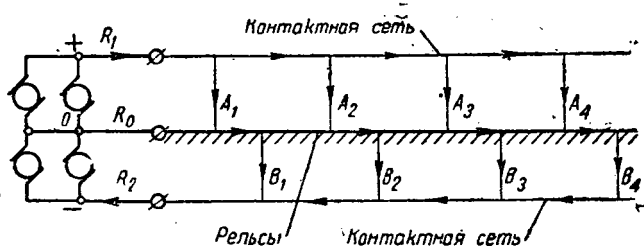


Рис. 1

От положительной шины преобразовательной подстанции, агрегаты которой соединяются в последовательно параллельную группу, ток проходит через положительный питающий провод  $R_1$ , контактную сеть и поступает в моторные вагоны  $A$ , проходит далее по рельсам, поступает в моторные вагоны  $B$  и возвращается к отрицательной шине подстанции через отрицательный питающий провод  $R_2$ . Нейтральный провод  $R_0$  нагружается в случае неодинакового потребления тока обеими ветвями.

Основной отличительной чертой трехпроводной системы является то обстоятельство, что по рельсовой сети протекают весьма небольшие токи. При равномерной нагрузке обеих ветвей и при показанном на рис. 1 так называемом поперечном секционировании контактной сети, эти токи по величине равны току, потребляемому одним поездом, и протекают лишь на участке между двумя поездами, находящимися на разных ветвях. Направление рельсовых токов непрерывно меняется в зависимости от взаимного расположения поездов обеих ветвей. Неравномерная нагрузка ветвей приводит к увеличению тока в рельсах, однако этот ток определяется лишь разностью указанных нагрузок.

Основное преимущество трехпроводной системы заключается в значительном уменьшении блуждающих токов, разъедающих уложенные в землю трубопроводы и кабели. Уменьшение блуждающих токов при трехпроводной системе исключает необходимость укладки тяжелой отсасывающей сети. Трехпроводная система дает технически правильное и экономическое разрешение во избежание коррозии подземных сооружений от электрокоррозии. Это обстоятельство и послужило причиной применения трехпроводной системы на многих заграничных трамваях и пригородных железных дорогах (в Лос-Анжелосе, Виннипеге, Брисбэне, Нью-Йорке, Вене и др.).

В связи с неудовлетворительным положением дел с защитой подземных металлических сооружений от электрокоррозии, Государственной академией коммунального хозяйства поднят вопрос о применении трехпроводной системы в Советском Союзе в первую очередь для трамваев. В настоящее время уже закончено проектирование одного района московского трамвая на питание трехпроводной системой и заканчивается необходимость переоборудование сети и подстанции.

При осуществлении трехпроводной системы большую роль играет выбор способа секционирования контактной сети. Этот выбор отражается на степени уменьшения блуждающих токов, величине потери напряжения и мощности в отдельных элементах энергоснабжающего устройства, а также на нагрузке агрегатов подстанции. Кроме того, от выбора системы секционирования зависят некоторые, чисто эксплуатационные вопросы.

Секционирование контактной сети при трехпроводной системе можно провести двояким образом: или применить описанное выше так называемое поперечное секционирование, т. е. двухколейном участке изолировать друг от друга провода разных напряжений (рис. 1), или же применить продольное секционирование, при котором участки с различной полярностью чередуются один за другим (рис. 2).

Сущность продольного секционирования может быть усвоена при рассмотрении рис. 2. Увеличение силы тока в рельсах при продольном секционировании происходит, начиная от конца линии, только до секционного изолятора; за изолятором, по мере приближения к подстанции, токи из рельсов, через двигатели вагонов, идущих на участке с отрицательным контактным проводом, ответвляются к отрицательной шине подстанции. Таким образом по мере приближения к подстанции сила тока в рельсах убывает, так же, как при двухпроводной системе рельсы нагружаются по мере приближения к подстанции.

равенстве нагрузок положительной и отрицательной ветвей, отсасывающий (нейтральный)  $R_0$  оказывается совершенно разгруженным, время как при двухпроводной системе по протекают токи всех поездов, работающих линии. Очевидно, что секционный изолятор, аннигирующий участки сети с разной полярностью, должен быть рассчитан на разность потенциалов между шинами тяговой подстанции, соответствует удвоенному напряжению между активными проводами и рельсами.

становим области применения обеих систем изолирования.

Перечное секционирование двухколейного трамвая едва ли применимо в условиях трамвая, так как необходимость изоляции одного пути от другого вызовет значительные расходы по переоборудованию сети при переходе на трехпроводную систему. Кроме того, применение поперечного секционирования в городских условиях может оказаться недостаточно надежным в эксплуатационном отношении. Если обратиться к опыту европейских трамваев, то мы увидим, что все они, по правилу, применяют систему продольного, а не поперечного секционирования.

Систему поперечного секционирования следует рекомендовать в первую очередь для электрических ж. д., применяющих третий контактный рельс, а также для метрополитенов. Эту систему секционирования применили, например, на берлинской пригородной электрической ж. д. Поперечное секционирование путей можно также применить на пригородных участках электрических ж. д. с воздушной сетью контактных проводов, в которых оба пути двухколейных линий легко

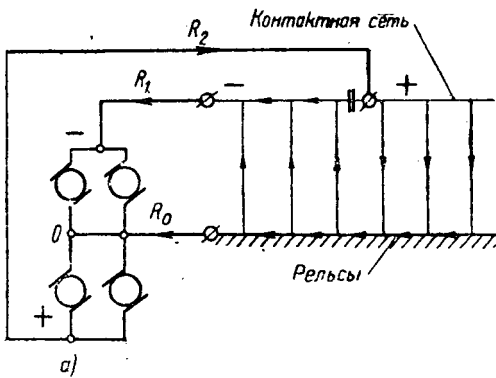


Рис. 2

быть электрически изолированы друг от друга.

Рассмотрим систему продольного секционирования несколько подробнее, при этом для упрощения рассуждений будем считать, что нагрузка равномерно распределена по линии.

Основу переоборудования сети при трехпроводной системе должен быть положен принцип равномерного снижения потенциала рельсов. Руководствуясь этим принципом, можно установить, какие варианты продольного секционирования следует применять при питании сети по этой системе. Наиболее простым способом продольного секционирования одиночной линии будет деление ее на две части, из которых одна соединяется с положительной, а другая с отрицательной шиной подстанции. Возможные комбинации длин и полярностей обоих участков даны на рис. 3, где показаны положения секционного изолятора  $B$ , а также направления рельсовых токов.

На рис. 4 даны кривые, показывающие распределение потенциала в рельсах, в зависимости от положения изолятора  $B$ . При этом по оси абсцисс отложена длина первого, считая от подстанции, участка в долях общей длины линии. По оси ординат отложены следующие величины:

$e_p$  — потенциал конца линии относительно потенциала отсасывающего пункта, находящегося в ее начале (потенциал этого отсасывающего пункта принят за нуль);

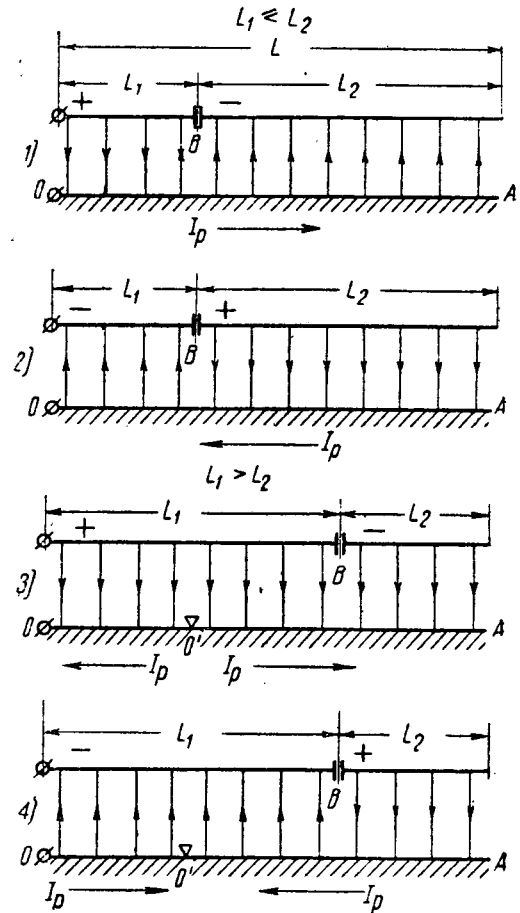


Рис. 3

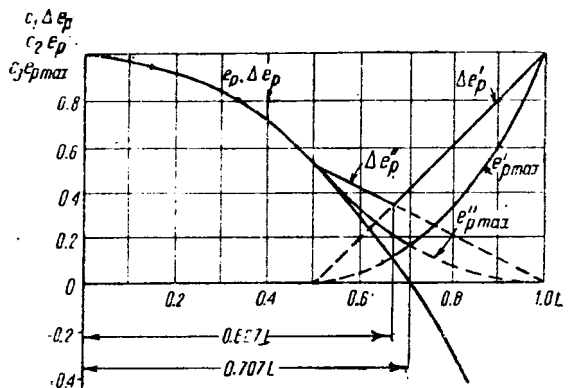


Рис. 4. ( $c$  — постоянные, зависящие от  $r_p$ ,  $\Delta i$  и  $L$ )

$\Delta e'_p$  — среднее падение потенциала на единицу длины линии на участке  $OO'$  (рис. 3);  
 $\Delta e''_p$  — то же на участке  $O'A$ ;  
 $\Delta e_p$  — то же на всем участке  $OA$ , при отсутствии на нем точки токораздела;  
 $e'_{p\max}$  — разность потенциалов между  $O$  и  $O'$ ;  
 $e''_{p\max}$  — то же между  $O'$  и  $A$ .

Кривые рис. 4 построены по обычным формулам равномерно распределенной нагрузки, причем ток утечки не учитывался. Рассмотрение рис. 4 показывает, что максимальное значение  $e_p$  и  $\Delta e_p$  имеет место при  $L_1=0$  и  $L_1=L$  (двухпроводная система). По мере приближения изолятора к середине линии значения  $e_p$  и  $\Delta e_p$  уменьшаются. При  $L_1=0,667 L$   $\Delta e_p$  получает минимальное значение, в 3 раза меньше, чем при двухпроводной системе. Помещая изолятор на расстоянии  $0,707 L$  от отсасывающего пункта, мы уравниваем потенциалы начала и конца линии;  $e_p$  получает при этом минимальное значение. Дальнейшее передвижение изолятора к концу линии оказывается невыгодным.

Размещение изолятора в наивыгоднейшей зоне с точки зрения распределения потенциала в рельсах, т. е. на расстоянии  $0,707 L$  от начала линии, должно быть связано с выбором полярности участков.

В этом случае отрицательная полярность первого участка (считая от подстанции) оказывается непригодной, так как потенциал точки  $O'$  окажется более низким, нежели потенциал отсасывающего пункта  $O$ . Это обстоятельство снизит величину допускаемого падения потенциала до токоразделов в рельсах других линий, принадлежащих к данной системе.

В результате можно сделать вывод, что для продольного секционирования линии на две части

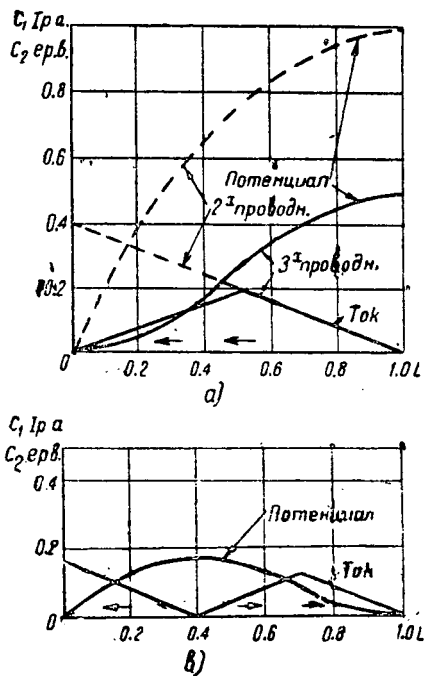


Рис. 5. а — секционирование на две части по схеме 2 рис. 3 ( $L_1=L_2$ ); б — секционирование на две части по схеме 3 рис. 3 ( $L_1=0,707 L$ )

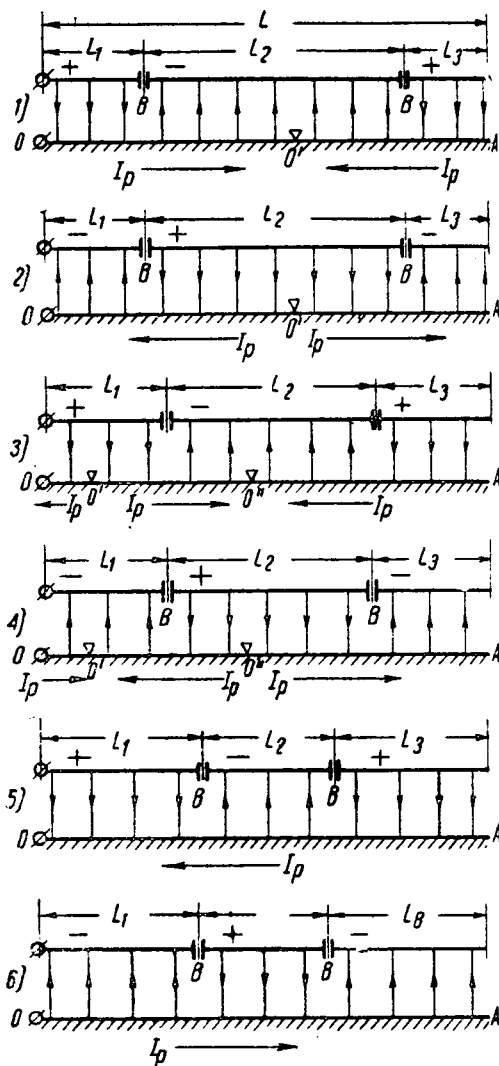


Рис. 6. 1—4 для  $L_1=L_3 < \frac{1}{3} L$ ; 1, 2 —  $-L_1+L_3 < L_2$ ; 3, 4 —  $-L_1+L_3 > L_2$ ; 5, 6 для  $L_1=L_3 \geq \frac{1}{3} L$

приемлемы следующие расположения секционирования изолятора: 1) посередине линии — ближайший к подстанции участок отрицателен; 2) на расстоянии  $0,707 L$  от отсасывающего пункта — ближайший к подстанции участок положителен.

Изменения токов и потенциалов вдоль рельсов показаны для этих двух случаев на рис. 5.

Рассмотрим теперь, как секционировать сеть, деля ее на три части.

На рис. 6 показано токораспределение в рельсах при различных комбинациях с тремя участками. От схем 1, 3 и 4 приходится отказаться по приведенным выше соображениям. Схема уравнивает потенциалы концов линии и при  $L_1=0,5 L$  снижает максимальную разность потенциалов в 8 раз по сравнению с двухпроводной системой. При этом имеет место та же особенность, что и при аналогичном случае секционирования сети на две части. Из двух оставшихся схем рис. 6 пригодной является предпоследняя схема. Здесь, при секционировании сети на равные части, максимальная разность потенциалов

рельсах снижается в 3 раза по сравнению с двухпроводной системой.

Таким образом для продольного секционирования сети на три части приемлемы следующие расположения секционных изоляторов (диаграмма 7): 1) на расстояниях  $\frac{1}{3}$  и  $\frac{2}{3} L$  от отсасывающего пункта, причем средний участок положительную полярность; 2) на расстояниях  $\frac{1}{4}$  и  $\frac{3}{4} L$  от отсасывающего пункта, причем первая половина участка присоединяется к положительной шине подстанции, а концы — к отрицательной.

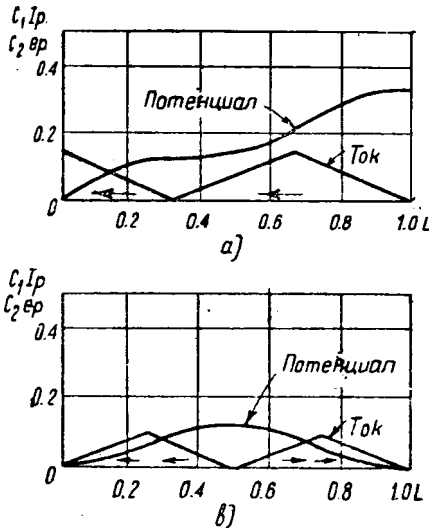


Рис. 7. а — секционирование на три части по схеме 5 рис. 6 ( $L_1 = L_2 = L_3$ ); б — секционирование на три части по схеме 2

рис. 6 ( $L_2 = \frac{1}{2} L$ )

Здесь рассмотрены лишь основные принципы продольного секционирования сети, в предположении, что нагрузка равномерно распределена по всей линии. Руководствуясь приведенными данными, можно решить вопрос о секционировании сети для каждого конкретного случая, любой конфигурацией сети и любым распределением нагрузок. При этом в первую очередь должны быть приняты во внимание существующая двухпроводная система с питанием и отходящими кабелями.

Для определения падения напряжения и потерь энергии в трехпроводной тяговой сети необходимо применить такой метод расчета, который позволил бы получить достаточно полное и правильное решение поставленной задачи. Распространение существующих методов расчета показывает, что в данном случае наиболее подходящим является метод теории вероятностей в том виде, в каком его разработал проф. В. Е. Розенберг. Формулы, выведенные этим методом, и применяемые нами для дальнейших расчетов.

Важно отметить, что линия, для которой определяется падение напряжения, питается с двух сторон

Этот метод опубликован в «Электричестве» № 3,

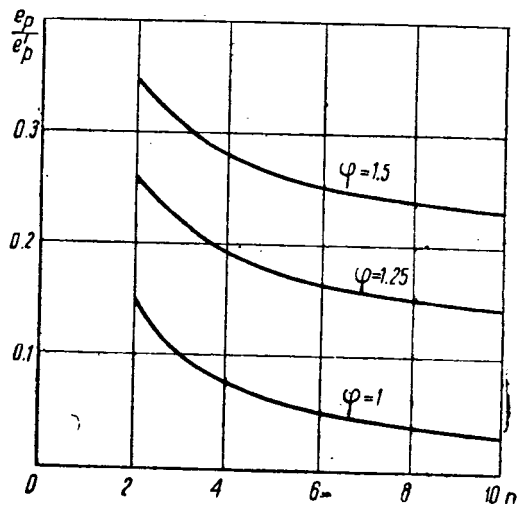


Рис. 8

и имеет поперечное секционирование; будем при этом считать, что при одинаковом числе поездов  $\frac{n}{2}$  каждого направления, нагрузки этих поездов неодинаковы и отношение их равно  $\varphi$ .

Падение потенциала до токораздела рельсовой сети по методу теории вероятностей определяется формулой:

$$e'_p = \frac{r_p L}{8} \left[ \Sigma I_n + \frac{\Sigma P_n}{3 \Sigma I_n} \right],$$

где  $r_p$  — сопротивление 1 км рельсового пути участка в  $\frac{\Omega}{\text{км}}$ ;

$L$  — расстояние между подстанциями в км;

$I$  — средний поездный ток в А.

Для нашего случая при двухпроводной системе формула приобретает вид:

$$e'_p = \frac{I r_p L}{8} \left[ \frac{n}{2} (\varphi + 1) + \frac{1}{3} \cdot \frac{\varphi^2 + 1}{\varphi + 1} \right].$$

Аналогично для трехпроводной системы:

$$e_p = \frac{I r_p L}{8} \left[ \varphi \left( \frac{n}{2} + \frac{1}{3} \right) - \frac{n}{2} \right].$$

Отношение величин падения напряжения:

$$\frac{e_p}{e'_p} = \frac{\varphi (3n + 2) - 3n}{3n(\varphi + 1) + 2 \frac{\varphi^2 + 1}{\varphi + 1}}.$$

На рис. 8 представлены кривые  $\frac{e_p}{e'_p} = f(n)$  для различных значений  $\varphi$ . Как видно из этих кривых, падение потенциалов в рельсах при трехпроводной системе значительно меньше, чем при двухпроводной. При этом отношение  $\frac{e_p}{e'_p}$  для реальных условий нагрузки колеблется в пределах от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{25}$ , уменьшаясь с увеличением количества поездов на линии и с уменьшением  $\varphi$ , т. е. при увеличении равномерности нагрузки на каждой ветви и при уменьшении разности нагрузок между ветвями.



Для сравнения трехпроводной системы с двухпроводной в отношении падения напряжения до токоприемников поездов за время хода их под током будем считать, что вес меди питающих и контактных проводов при переходе на трехпроводную систему не меняется. Падение напряжения в контактной линии двухколейного участка при двухпроводной системе будет зависеть от способа соединения проводов отдельных путей между собой. Примем для наших расчетов, что провода электрически разъединены друг от друга.

В таком случае падение напряжения в контактной линии, а также в питающих проводах, при переходе на трехпроводную систему не изменится.

Выражение, определяющее падение напряжения в рельсовой сети до поездов, потребляющих больший ток  $I\varphi$ , после необходимых преобразований принимает следующий вид:

При двухпроводной системе

$$e'_{pT} = \frac{Ir_p L}{12} \left[ \frac{n}{2} (\varphi + 1) + \varphi (2\alpha - 1) \right];$$

При трехпроводной системе

$$e_{pT} = \frac{Ir_p L}{12} \left[ \frac{n}{2} (\varphi - 1) + (2\alpha - 1) \right],$$

где  $\alpha$  — отношение полного времени работы поезда ко времени хода под током.

Отношение падений напряжения

$$\frac{e_{pT}}{e'_{pT}} = \frac{\frac{n}{2} (\varphi - 1) + (2\alpha - 1)}{\frac{n}{2} (\varphi + 1) + \varphi (2\alpha - 1)}.$$

Величина  $\alpha$  колеблется в довольно широких пределах, в зависимости от профиля пути, расстояния между остановками и пр. На рис. 9 даны кривые  $\frac{e_{pT}}{e'_{pT}} = f(n)$ , построенные для раз-

личных значений  $\varphi$  и  $\alpha$ . Аналогичным образом возможно установить относительное падение напряжения в нейтральном (отсасывающем) контакте, которое будет изменяться по закону, близкому к закону изменения падения в рельсах.

Как видно из кривых рис. 9, при трехпроводной системе может быть получено 1,5-кратное снижение абсолютного значения падения напряжения в рельсах до токоприемников поездов. На этих кривых еще более отчетливо, чем на рис. 8, видно, как резко сказываются преимущества трехпроводной системы в отношении снижения падения напряжения при увеличении числа поездов на линии. Следует иметь в виду, что для одного из направлений падение напряжения в рельсах, а также падение в нейтральном кабеле складываются с падением в питающих контактных проводах, а для другого направления вычитаются из этих падений, увеличивая, таким образом, напряжение на токоприемниках поездов.

Общий эффект трехпроводной системы в отношении снижения падения потенциала до токоприемников поездов будет зависеть от соотношений между сопротивлением отдельных элементов тяговой сети. По подсчетам, проведенным инж. Синецким, суммарное падение напряжения до токоприемников поездов снижается при переходе на трехпроводную систему для метрополитена на 20—40%, в зависимости от способа соединения контактных рельсов обоих направлений при двухпроводной системе. При этом большая цифра относится к раздельному питанию путей, а меньшая — к полному их параллельному соединению. Относительная выгодность перехода на трехпроводную систему при раздельном питании путей при двухпроводной системе объясняется тем, что в этом случае падение в питающих контактных проводах, как это уже было отмечено выше, не меняется, в то время как при электрическом соединении путей переход на трехпроводную систему означает некоторое ухудшение использования меди питающей и контактной сети в связи с необходимостью изоляции одного из проводов.

Все приведенные выше соображения относятся к системе поперечного секционирования. Что касается подсчетов падения напряжения при продольном секционировании, то таковые принципиально не отличаются от аналогичных подсчетов при двухпроводной системе. По проекту, выполненному Академией коммунального хозяйства для одного из участков московского трамвая, суммарное падение напряжения до токоприемников поездов (при одностороннем питании) уменьшается в среднем по сети примерно в 2 раза.

Для поперечного секционирования в условиях метро при ртутных выпрямителях на подстанции снижение потерь энергии при переходе на трехпроводную систему составляет по расчету от 20 до 35%. При продольном секционировании тяговой сети экономия на потерях энергии будет зависеть от конфигурации и нагрузки отсасывающей сети. Если при двухпроводной системе отсасывающая сеть сильно перегружена, то экономия энергии при переходе на трехпроводную систему может оказаться весьма значительной и достигать до 50%.

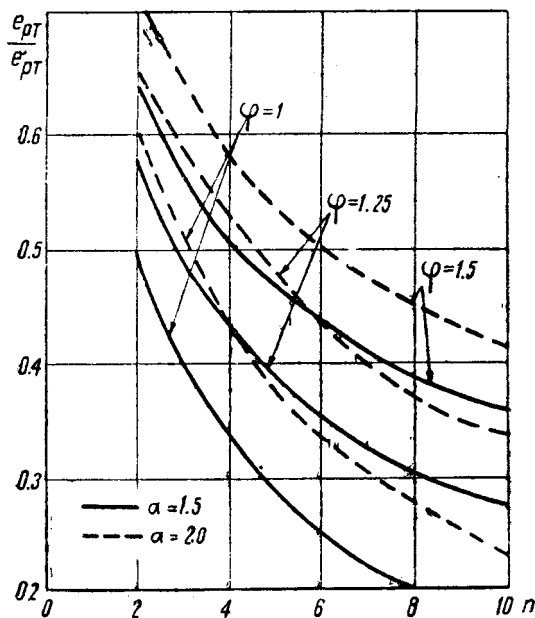


Рис. 9

При проектировании трехпроводной системы представляется необходимым решить вопрос о необходимом увеличении необходимой мощности тяговых подстанций по сравнению с мощностью при двухпроводной системе. Это увеличение обуславливается тем обстоятельством, что при той и той же средней нагрузке подстанций, в трехпроводной системе мы имеем ухудшение формы кривой нагрузки, благодаря меньшему количеству параллельно включенных поездов. Во всех дальнейших выкладках мы будем оперировать с током подстанции, которому пропорциональна мощность последней. Можно показать, что увеличение эффективного тока участка при переходе по трехпроводной системе не зависит от соотношения между количеством поездов на положительной и отрицательной ветвях. Действительно, эффективный ток участка определяется выражением:

$$I_s = K_{s1} I_{cp1} + K_{s2} I_{cp2}$$

где  $I_{cp}$  — средний ток одной ветви;  
 $k_s$  — коэффициент эффективности нагрузки одной ветви.

Величина  $K_s$  в зависимости от числа однопутных поездов  $n_0$ , одновременно находящихся на участке, и коэффициента эффективности одного поезда  $k_s$ , согласно теории вероятностей, определяется с некоторым приближением формулой<sup>2</sup>:

$$K_s = 1 + \frac{k_s^2 - 1}{2 n_0}$$

значая:  $n_1$  и  $n_2$  — число поездов, одновременно находящихся на каждой ветви, а  $I_{cp1}$  и  $I_{cp2}$  — соответственно, поездные токи этих ветвей, но после преобразований написать:

$$I_s = I_{cp} + \frac{k_{s1}^2 - 1}{2} I_{cp} + \frac{k_{s2}^2 - 1}{2} I_{cp}$$

где  $I_{cp}$  — средний ток всех поездов. Полученное соотношение свидетельствует о том, что эффективный ток участка действительно не зависит от соотношения между  $n_1$  и  $n_2$  (при  $n_2 \geq 1$ ). Можно также показать, что от соотношения также не зависит максимальная кратковременная пиковая нагрузка участка. В этом основании для упрощения дальнейших расчетов будем принимать —  $n_1 = n_2 = \frac{n}{2}$ . При этом также, что коэффициенты эффективности одного поезда одинаковы для обеих ветвей. Для этого случая эффективный ток участка в двухпроводной системе может быть определен по формуле:

$$I_s = K_s' I_{cp} = \left[ 1 + \frac{\frac{n}{2} + 1}{n(\frac{n}{2} + 1)^2} (k_s^2 - 1) \right] I_{cp}$$

При трехпроводной

$$I_s = K_s I_{cp} = \left( 1 + \frac{k_s^2 - 1}{n} \right) I_{cp}$$

Так как отношение эффективных токов почти не зависит от  $\varphi$ , оно может быть поэтому определено для  $\varphi = 1$ :

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{1 + \frac{k_s^2 - 1}{n}}{1 + \frac{k_s^2 - 1}{2n}}$$

При малом количестве поездов необходимая мощность подстанции определяется величиной пиковой нагрузки участка. Для приближенного определения пиковой нагрузки существуют экспериментальные кривые, дающие отношение максимального тока на подстанцию к среднему, в зависимости от числа поездов, работающих на участке. Это отношение может быть также подсчитано теоретически по формуле инж. А. Х. Зильберталя. Мы считаем наиболее надежным определение пиковой нагрузки по экспериментальным данным. Для построения кривых для различных коэффициентов эффективности нагрузок отдельных поездов можно воспользоваться работами инж. А. Х. Зильберталя, который для отношения  $K_{\max} = \frac{I_{\max}}{I_{cp}}$  дает формулу:

$$K_{\max} = 1 + \frac{1,27 (2 - \lg p) \sigma_0}{\sqrt{n-1}}$$

где  $\sigma_0 = \sqrt{k_s^2 - 1}$ , а  $p$  может быть принято равным 0,001%.

Сравнение экспериментальной пунктирной кривой<sup>3</sup> (рис. 10) с кривыми, построенными по этой формуле, показывает, что характер изменения экспериментальной кривой совпадает с характером изменения теоретических кривых. Это обстоятельство позволяет нам, пользуясь формулой А. Х. Зильберталя, получить из кривой рис. 10, представляющей собой результат вполне надежных экспериментальных исследований, семейство кривых, дающих зависимость  $\frac{I_{\max}}{I_{cp}}$  от  $n$  при различных  $k_s$ .

Для получения этих кривых необходимо установить величину  $\sigma_0$  для условий, при которых снималась экспериментальная кривая. По материалам инж. А. А. Богданова можно принять, что  $\sigma_0$  составляет для московского трамвая в среднем 1,2.

Отсюда для московских условий в среднем

$$k_s = \sqrt{\sigma_0^2 + 1} = \sqrt{1,44 + 1} = 1,55$$

Значение ординат  $K_{\max}$  искомым кривых может быть определено из пропорции:

$$\frac{K_{\max}}{K_{0\max}} = \frac{1,27 (2 - \lg p) \sigma_0}{\sqrt{n-1}} : \frac{1,27 (2 - \lg p) \sigma_0}{\sqrt{n-1}}$$

где  $K_{0\max}$  — ординаты пунктирной кривой рис. 10 МЭИ. Кривые  $K_{\max} = f(n)$  представлены на рис. 10.

Потребная мощность тяговой подстанции, исходя из пиковой нагрузки участка, при 100% допустимой перегрузке агрегатов:

$$P = \frac{K_{\max}}{2} P_{cp}$$

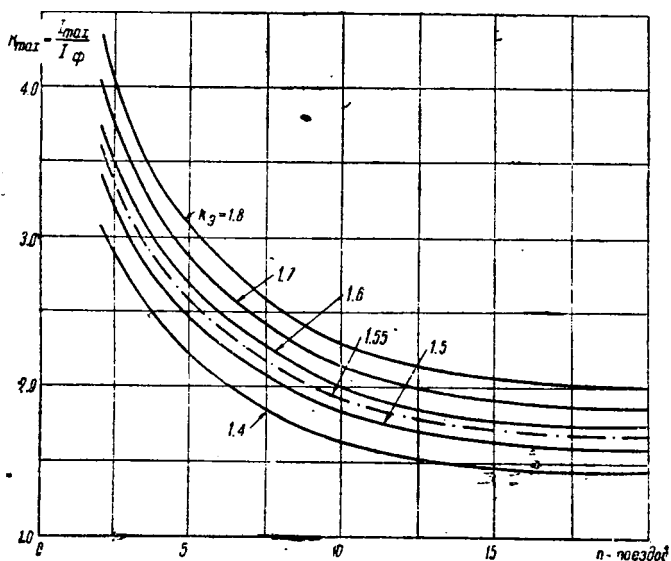


Рис. 10

Приведенные данные позволяют нам установить для любого количества одновременно работающих поездов  $n$  величину необходимой мощности подстанции как при трехпроводной, так и при двухпроводной системе. Эта мощность будет в зависимости от величины  $n$  определяться, исходя из эффективной или из пиковой нагрузок участка. На рис. 11 построены кривые отношения необходимых мощностей в зависимости от числа одновременно работающих поездов,  $\xi = f(n)$ , для различных значений  $k_3$ .

Анализ этих кривых показывает, что теоретически максимально возможное увеличение мощности тяговой подстанции при переходе на трехпроводную систему составляет 30%. Однако даже в самом худшем случае, т. е. при наиболее высоком коэффициенте эффективности одного поезда  $k_3 = 1,8$ , который следует считать предельным, коэффициент  $\xi$  при 12 поездах на линии начинает падать, принимая при 23 поездах значение 1,05. С уменьшением  $k_3$  картина резко улучшается. Приведенные кривые показывают, что при сколько-нибудь интенсивном движении, в условиях городской электрической ж. д. (трамвая), опасаться

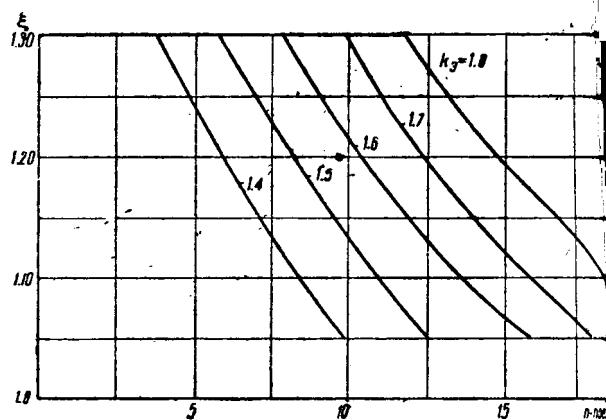


Рис. 11

увеличения необходимой мощности тяговых станций не приходится. Это положение остается в силе даже и в том случае, если при переводе питания на трехпроводную систему не представляется возможным так выбрать соотношения грузов обеих ветвей, чтобы привести эти нагрузки в полное соответствие с мощностями агрегатов подстанции. По материалам эксплуатации трехпроводной системы за границей и по реальным проектам, выполненным Академией коммунального хозяйства, также можно сделать заключение, что применение этой системы на трамваях не вызывает увеличения необходимой мощности тяговых подстанций.

Несколько хуже обстоит дело с пригородными дорогами и метрополитенами, где при сравнительно меньшем количестве поездов, приходящихся на одну подстанцию, следует ожидать некоторого увеличения мощности тяговых подстанций. Сказанное подтверждается данными эксплуатации трехпроводной системы на берлинской пригородной ж. д.; на подстанции Rankow при одновременной работе 7 поездов увеличение мощности составило 33%. По кривым рис. 11 для этого числа поездов увеличение мощности подстанции составит 30% (принимая  $k_3$  для пригородного движения в пределах 1,5 ÷ 1,6), что дает полное совпадение с тем эксплуатацией берлинской пригородной дороги.

# Распределение сечений контактной сети между подстанциями электрических ж. д. постоянного тока

DISTRIBUTION OF TROLLEY WIRE SIZES ON D. C. CONTACT LINE SECTIONS BETWEEN RAILWAY SUBSTATIONS

В. А. Соловьев

Научно-исследовательский институт  
ж.-д. транспорта

РЕКТИВЫ партии и правительства о снижении строительных расходов поставили перед работниками электрифицированного транспорта вопрос о снижении стоимости сооружения контактной сети и особенно расхода проводникового металла на километр одиночного пути.

Известной экономии металла можно достичь рациональным распределением сечения контактной сети между тяговыми станциями. Необходимость изучения наивыгоднейшего для распределения сечения контактной сети неоднократно называлась автором настоящей работы.

Первые наброски искомого закона были выведены нами совместно с покойным Н. М. Фишманом и в 1932 г. напечатаны в Трудах Научно-исследовательского института электрификации ж. д. НКПС<sup>1</sup>; решение вопроса о наивыгоднейшем законе изменения сечения контактной сети в общем не впервые дается в этой статье.

В настоящей работе выведены законы изменения сечения контактной сети, при которых сеть, удовлетворяя всем техническим условиям как в смысле механической прочности, так и допустимого падения напряжения на токоприемнике вагона, или а) расходовала бы минимальное количество проводникового металла на километр одиночного пути, или б) отвечала бы минимуму эксплуатационных расходов по контактной сети.

Здесь рассматриваются лишь случаи 1) равномерно распределенной нагрузки по длине плеча питания, которая сохраняет постоянное значение в течение  $T$  h в году, и 2) одного вагона, идущего с постоянной скоростью и все время потребляющего ток  $I$  А.

Технические условия, которым должно удовлетворять сечение контактной сети, т. е. суммарное сечение контактных проводов, несущих тросов и усиливающих фидеров, сводятся к следующим требованиям, из которых исходят при электрическом расчете контактной сети:

среднее по времени падение напряжения на токоприемнике каждого поезда, проходящего плечо питания данной станции, не должно превосходить заданной величины; наибольшее мгновенное падение напряжения в контактной сети, отвечающее наименее выгодному для данного графика движения расположению поездов в плече питания, не должно превосходить заданного предела;

суммарное сечение контактной сети ни в одной точке должно быть меньше определенной величины  $q_m$ , установленной требованиями механической прочности контактной проводки;

сечение контактной сети должно быть не менее того, которое необходимо, чтобы пропустить ток достаточный для отключения быстродействующего автомата при коротком замыкании в конце линии.

Математическая формулировка первого условия такова:

$$\frac{1}{T} \int u dt \leq U; \quad (1)$$

— время прохода плеча питания поездом в  $h$ ,  
— мгновенное падение напряжения в контактной сети и рельсах от подстанции до токоприемника поезда по полному расчетному графику,  
— допустимое среднее падение напряжения в контактной сети, установленное нормами.

При решении задачи en gros можно рассматривать некоторый средний поезд, проходящий плечо питания с постоянной скоростью  $v$  km/h, равной средней скорости поездов в данном плече.

Следовательно,

$$L = v\theta, \quad (2)$$

$$x = vt,$$

где  $L$  — длина плеча питания в km,

$v$  — скорость среднего поезда в km/h,

$x$  — расстояние поезда в km от питающей подстанции в момент  $t$  (рис. 1).

Кроме того, примем во внимание, что среднее падение напряжения в контактной сети равно разности между средним допустимым падением напряжения до токоприемника, равным согласно нормам 0,1 номинального напряжения подстанции  $U_n$ , и падением в рельсах  $U_p$ .

Следовательно,

$$U = 0,1 \cdot U_n - U_p.$$

Поэтому интеграл (1) можно преобразовать:

$$\frac{1}{L} \int_0^L u dx \leq 0,1 U_n - U_p. \quad (3)$$

Выражение (3) мы принимаем за общую формулировку первого условия.

Второе условие потеряло свою остроту с переходом на питание от параллельно работающих подстанций, особенно на магистральных ж. д., где движение более организовано, чем на трамвае, и где, как правило, применяется диспетчерское регулирование.

Третье условие аналитически выражается неравенством:

$$q \geq q_m, \quad (4)$$

где  $q_m$  — минимальное сечение контактной сети в медном эквиваленте.

Четвертое условие — пропуск достаточного тока для отключения быстродействующего автомата при коротком замыкании в конце линии — должно полностью отпасть с переходом на секционирование контактной сети с помощью быстродействующих автоматов с селективным отключением.

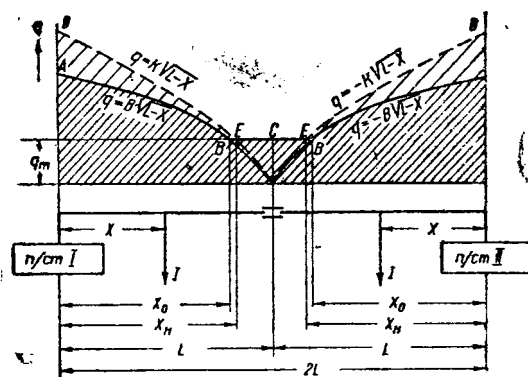


Рис. 1. Оптимальный и наивыгоднейший законы изменения сечения контактной сети при одном поезде в плече питания

<sup>1</sup> Соловьев и Н. Фишман. Наивыгоднейший закон изменения сечения контактной сети. Труды Научно-исследовательского института электрификации ж. д. НКПС. Вып. 2, стр. 5—14.

Расшифруем условие (3) для сосредоточенной и распределенной нагрузки.

Если сечение контактной сети (в медном эквиваленте) —  $q$ , то сопротивление участка от первой подстанции до точки  $x$ :

$$r_x = 17,5 \int_0^x \frac{dx}{q},$$

где  $q = \varphi(x)$  — искомая функция распределения сечения в плече питания.

Если поезд, находящийся на расстоянии  $x$  от подстанции  $I$ , потребляет ток  $I$ , то мгновенное падение напряжения на его токоприемнике:

$$u_x = 17,5 I \int_0^x \frac{dx}{q},$$

а среднее значение этого падения напряжения при условии, что поезд проходит плечо питания с постоянной скоростью  $v$  и все время потребляет одинаковый ток  $I$ , представится выражением:

$$U_{cp} = \frac{1}{L} \int_0^L u dx = \frac{17,5 \cdot I}{L} \int_0^L \int_0^x \frac{dx}{q} dx \leq U.$$

Согласно правилам преобразования двойного интеграла:

$$U_{cp} = \frac{17,5 \cdot I}{L} \int_0^L \frac{L-x}{q} dx \leq U. \quad (5)$$

При равномерно распределенной нагрузке, составляющей скажем,  $i$  А/км, ток, протекающий в точке  $x$  контактной сети (рис. 2).

$$I_x = i(L-x).$$

Падение напряжения в этой точке при распределении сечения контактной сети по закону  $q = \varphi(x)$ :

$$u_x = \int_0^x I_x \cdot \frac{17,5}{q} dx = 17,5 \cdot i \int_0^x \frac{L-x}{q} dx,$$

а среднее значение его:

$$U_{cp} = \frac{17,5 \cdot i}{L} \int_0^L \int_0^x \frac{L-x}{q} dx dx \leq U$$

или

$$U_{cp} = \frac{17,5 \cdot i}{L} \int_0^L \frac{(L-x)^2}{q} dx \leq U. \quad (6)$$

Итак, формула (5) дает среднее падение напряжения в контактной сети переменного сечения при одном поезде, а (6) — соответствующее выражение для распределенной нагрузки.

Назовем оптимальным такой закон изменения сечения, при котором контактная сеть, удовлетворяя назван-

ным техническим условиям, требует наименьшего расхода проводникового металла в плече питания, а на годнейшим — такой закон, который, удовлетворяя техническим условиям, дает минимальную сумму эксплуатационных расходов, зависящих от сечения.

Количество проводникового металла, затраченного в плече питания контактной сети:

$$Q = \int_0^L q dx.$$

Таким образом функция  $q = \varphi(x)$  выражает оптимальный закон изменения сечения контактной сети в том случае, если интеграл (7) имеет минимум при соблюдении условия и при постоянстве интеграла (5) при сосредоточенной нагрузке или интеграла (6) при распределенной.

Для выражения эксплуатационных расходов по контактной сети, примем, что все расходы, кроме амортизации и по энергии, не зависят от сечения контактной сети.

Амортизационные расходы пропорциональны стоимости контактной сети  $P$  руб., которая в свою очередь зависит от сечения. Если считать срок службы контактной сети 25 лет, то ежегодные амортизационные расходы составят  $0,04 P$ .

Зависящая от сечения стоимость сооружения контактной сети принимается равной  $21 q_{cp}$  руб./км одиночного

$$p = \frac{P}{L} = \frac{0,84}{L} \int_0^L q dx.$$

Согласно равенству (2) энергия, теряемая в контактной сети за один рейс поезда, идущего с постоянной скоростью  $v$  и потребляющего ток  $I$ :

$$W = \frac{17,5 \cdot I^2}{1000 \cdot v} \int_0^L dx \int_0^x \frac{dx}{q} = 0,0175 \frac{I^2}{v} \int_0^L \frac{L-x}{q} dx.$$

При  $n$  рейсах в сутки (365  $n$  рейсов в год) и стоимости преобразованной энергии на шинах подстанции  $c$  руб./кВт

$$s = 365 \cdot n \cdot c W = 6,3 \frac{I^2 n c}{v L} \int_0^L \frac{L-x}{q} dx \text{ руб./км. год.}$$

При сосредоточенной нагрузке суммарные расходы, зависящие от сечения контактной сети:

$$S = p + s = \frac{1}{L} \left[ 0,84 \int_0^L q dx + 6,3 \frac{I^2 n c}{v} \int_0^L \frac{L-x}{q} dx \right].$$

Энергия, теряемая в плече питания каждый час при распределенной нагрузке:

$$W' = 0,0175 \cdot I^2 \int_0^L \frac{(L-x)^2}{q} dx,$$

а отнесенная к одному километру стоимость годовых потерь энергии:

$$s' = 8760 \cdot c \cdot W' = 154 \frac{c I^2}{L} \int_0^L \frac{(L-x)^2}{q} dx \text{ руб./км. год.}$$

Таким образом эксплуатационные расходы при распределенной нагрузке

$$S' = p' + s' = \frac{1}{L} \left[ 0,84 \int_0^L q dx + 154 \frac{c I^2}{L} \int_0^L \frac{(L-x)^2}{q} dx \right] \text{ руб./км. год.}$$

Следовательно, функция  $q = \varphi(x)$  выражает наимыгоднейший закон изменения сечения, если все ее значения удовлетворяют условию (4) и если в случае сосредоточенной нагрузки при заданном значении интеграла (5) интеграл (6) имеет наименьшее значение, а в случае распределенной

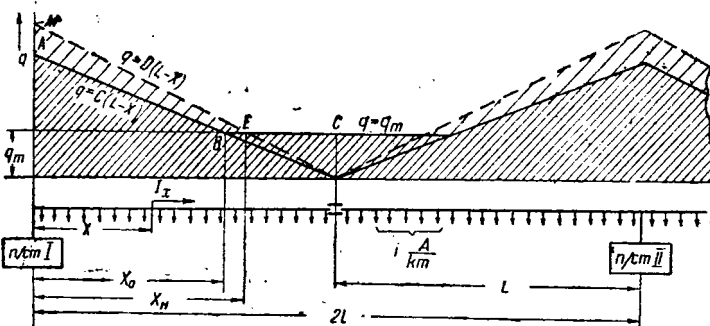


Рис. 2. Оптимальный и наимыгоднейший законы изменения сечений контактной сети при распределенной нагрузке

ни, соответственно, минимум выражения (9) имеет при постоянстве интеграла (6).

Результате исследования этой задачи с помощью вариационного исчисления автор пришел к выводу, что при точечной нагрузке искомые законы представляют собой отрезки параболы и прямой. Наивыгоднейший закон на отрезке питания до  $x_n$  есть прямая  $q = q_m$ , а от  $x_n$  до подстанции — парабола  $q = K\sqrt{L-x}$ ; оптимальный закон выражается прямой  $q = q_m$  от раздела питания до  $x_0$ , а далее параболой  $q = B\sqrt{L-x}$  (рис. 1). При распределенной нагрузке искомые законы выразятся ломаной линией при наивыгоднейшем законе — прямая  $q = q_m$  от раздела питания до точки  $x_n$ , а далее по прямой  $q = C(L-x)$ ; при оптимальном законе та же прямая  $q = q_m$  до  $x_0$  и далее по прямой  $q = C(L-x)$  (рис. 2). Коэффициенты  $K$ ,  $B$ ,  $C$ , и  $D$  являются постоянными, не зависящими от  $x$ . Для определения параметра  $B$  параболы  $q = B\sqrt{L-x}$  (рис. 1) воспользуемся формулой (5). Так как парабола дает закон наименьшей затраты проводникового металла, потребуем, чтобы среднее падение напряжения имело наибольшее допустимое, значение, т. е. было равно  $U$ .

Воспользуемся сплошной кривой  $ABC$  рис. 1 можно написать:

$$\frac{UL}{17,2 \cdot I} = \left[ \int_0^{x_0} \frac{\sqrt{L-x}}{B} dx + \int_{x_0}^L \frac{L-x}{q_m} dx \right] = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{L^3}}{B} - \frac{1}{6} \frac{q_m^3}{B^4}. \quad (10)$$

Выражение (10) 4-й степени относительно  $\frac{1}{B}$  удобно решить номограммой автора (рис. 3), в которой за параметр  $z$  величина  $y = \sqrt{\frac{L-x_0}{L}}$ . Так как  $x_0 \leq L$   $0 < y \leq 1$ , выражение номограммы очень упрощается по сравнению с прямой для уравнения (10), где  $\frac{1}{B}$  может меняться в широких пределах.

Если  $\frac{1}{B} = \frac{y\sqrt{L}}{q_m}$ , равенство (10) примет вид:

$$y^4 = 4y + 0,343 \frac{Uq_m}{IL}. \quad (11)$$

Уравнение (11) графически разрешается номограммой, основанной на нахождении точек пересечения параболы  $y^4 = 4y + 0,343 \frac{Uq_m}{IL}$  с прямой  $y = -4y + 0,343 \frac{Uq_m}{IL}$ .

Для подсчетов эта номограмма может быть выполнена в виде таблицы, на которой нанесена кривая  $y = y^4$  в пределах  $y < 1$ .

В номограмме дана функциональная шкала, на которой нанесены значения  $0,343 \frac{Uq_m}{IL}$ , а показаны отвечающие им значения  $IL$ . По оси абсцисс меньшим катетом скользит угольник с прилежащим к меньшему катету углом  $\alpha = \arctg(-4)$ . Поставив вершину  $B$  прозрачного угольника против заданного значения  $IL$ , можно найти точку пересечения его гипотенузы с кривой  $y = y^4$ , абсцисса на верхней шкале равна  $y$ .

Для нахождения параметра  $K$  параболы  $q = K\sqrt{L-x}$  мы можем взять знак равенства в формуле (5), так как найденный закон может отвечать и меньшему среднему падению напряжения на токоприемнике, чем технически допустимое. Поэтому подставим искомый закон в формулу (5) и найдем производную  $\frac{dS}{dK}$ :

$$\frac{dS}{dK} = \left( \sqrt{L^3} - \frac{q_m^3}{K^3} \right) \left( \frac{0,84}{L} - \frac{6,3 \cdot I^2 nc}{vLK^2} \right) = 0. \quad (12)$$

Положительные корни уравнения (12) будут:

$$K_1 = 2,74 I \sqrt{\frac{nc}{v}}; \quad K_2 = \frac{q_m}{\sqrt{L}}. \quad (13)$$

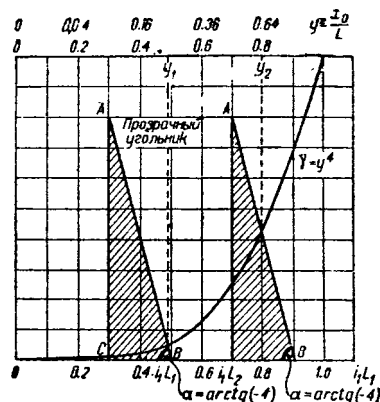


Рис. 3. Номограмма для решения уравнения

При распределенной нагрузке оптимальный закон распределения сечения, как сказано было выше, изобразится ломаной линией  $ABC$  (рис. 2). Найдем угловой коэффициент прямой  $AB$  из условия, что среднее падение напряжения равно наибольшему допустимому значению  $U$ .

На основании формулы (6) и прямой  $q = c(L-x)$  на рис. 2 имеем:

$$\frac{UL}{17,5i} = \int_0^{x_0} \frac{L-x}{C} dx + \int_{x_0}^L \frac{(L-x)^2}{q_m} dx = \frac{L^2}{C} - \frac{q_m^2}{3C^3}. \quad (14)$$

Если учесть, что  $C = \frac{q_m}{L-x_0}$  и принять за параметр  $z = \frac{L-x_0}{L}$ , то формула (14) приводится к виду:

$$z^3 - 3z + 0,343 \frac{Uq_m}{iL^2} = 0. \quad (15)$$

Это уравнение разрешается формулой Кардана или номограммой, аналогичной изображенной на рис. 3.

Для определения параметра  $D$  прямой  $q = D(L-x)$  [см. на рис. 2] напишем интеграл эксплуатационных расходов (9) и продифференцируем его по  $D$ :

$$\frac{dS'}{dD} = \left( \frac{0,84}{L} - \frac{154cI^2}{LD^2} \right) \left( L^2 - \frac{q_m^2}{D^3} \right) = 0. \quad (16)$$

Положительные корни уравнения (16):

$$D_1 = 13,55 \cdot i\sqrt{L}; \quad D_2 = \frac{q_m}{L}. \quad (17)$$

В формуле (13) надо взять значение корня, при котором вторая производная интеграла эксплуатационных расходов положительна:

$$\frac{d^2S}{dK^2} > 0$$

и которое по абсолютному значению больше или равно  $B$

$$|K| \geq |B|.$$

Аналогично в формуле (17) надо брать значение корня удовлетворяющее условиям:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2S'}{dD^2} > 0, \\ |D| \geq |C|. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Количество проводникового металла (в медном эквиваленте), затрачиваемого в плече питания при постоянстве сечения контактной сети и сосредоточенной нагрузке, определится из следующих рассуждений:

$$u = \frac{17,5 \cdot x \cdot I}{q}; \quad U = \frac{1}{L} \int_0^L u dx = \frac{17,5 \cdot IL}{2q};$$

$$q = \frac{17,5 \cdot IL}{2U}; \quad Q' = qL = 8,75 \frac{IL^2}{U}. \quad (19)$$

Количество металла при оптимальном законе распределения сечения

$$Q = \int_0^L q dx = \frac{q_m L}{3} \left( y^3 + \frac{2}{y} \right)$$

или

$$y^4 + 2y - \frac{3Q}{q_m L} y^3 = 0.$$

Вычитая из (11) и решая относительно  $y$ , получаем:

$$y = \frac{q_m L}{6Q} \left[ 6 \pm \sqrt{36 - 4 \frac{UQ}{IL^2} \cdot 1,03} \right].$$

Если положить  $\frac{Q}{q_m L} = \omega$ ,  $Q = 8,75 \omega \frac{IL^2}{U}$ ,

то

$$y = \frac{q_m U}{8,75 IL} \sqrt{\frac{1-\omega}{\omega^2}}. \quad (20)$$

Подсчитаем  $\omega$ , определив  $y$  из номограммы, построенной на принципе рис. 3. При  $I = 700$  А;  $L = 20$  км (40 км между подстанциями),  $U = 230$  (остальное затрачивается в рельсах) и  $q_m = 87$  мм<sup>2</sup> в медном эквиваленте (медный провод 80 мм<sup>2</sup> + стальной несущий трос 50 мм<sup>2</sup>) получаем  $\omega = 0,89$ , т. е. экономия проводникового металла может достигнуть 11% по сравнению со случаем постоянного сечения между подстанциями.

При распределенной нагрузке количество меди в контактной сети постоянного сечения определится так:

$$I_x = i(L-x); \quad u_x = \frac{17,5xI_x}{q} = \frac{17,5x \cdot i}{q} (L-x);$$

$$U = \frac{1}{L} \int_0^L \frac{17,5 \cdot i}{q} x(L-x) dx = \frac{17,5iL^2}{6q}; \quad q = 2,92 \frac{iL^2}{U};$$

$$Q' = qL = 2,92 \frac{iL^3}{U}. \quad (21)$$

При изменении сечения равномерно нагруженной контактной сети по оптимальному закону

$$Q = \int_0^L q dx = \frac{CL^2}{2} - \frac{C}{2} (L-x_0)^2 + q_m (L-x_0).$$

Обозначив  $\frac{Q}{q_m L} = v$  и учитывая равенство (21), имеем

$$z^3 - 5,84v \frac{iL^2}{Uq_m} z + 1 = 0.$$

Для нахождения  $v$  можно либо определить  $z$  из номограммы и подставить в формулу (22) либо воспользоваться отдельной номограммой для получения  $z$  и  $v$ .

При распределенной нагрузке и при  $i = 40$  А/км  $L = 1$  км  $U = 230$  В,  $q_m = 87$  мм<sup>2</sup>.

Экономия проводникового металла по сравнению со случаем, что необходимо при распределенной нагрузке, составит  $1-v = 12,5\%$ .

**Выводы.** 1. При расчете контактной сети следует применять наиболее удобный закон изменения сечения.

2. Так как экономия проводникового металла значит возрастает с уменьшением  $q_m$ , целесообразно возобновить изучение контактного провода из мягкого железа и никельных сплавов типа алдрея, пантала и т. д.<sup>2</sup>

3. Так как применение сталеалюминиевого несущего провода целесообразнее, чем меднобиметаллического, пора, наконец, разработать надежную клемму для присоединения сталеалюминиевого несущего троса.

4. Необходимо пересмотреть старые нормы НКПС по проектированию контактной сети, изгнать из них пережитки установок и излишние запасы прочности.

5. Добавить в сортамент контактного провода сечение 60 мм<sup>2</sup>, подобно тому как это сделано в трамвайном сортаменте, и допустить применение сечения 60 и 80 мм<sup>2</sup> в главных путях.

6. Пересмотреть сортамент сталеалюминиевого и меднобиметаллического несущего троса с тем, чтобы из  $q_c + 60$ ,  $q_c + 80$ ,  $q_c + 100$ ,  $q_c + 60$ ,  $q_c + 80$  и  $q_c + 100$  [где  $q_c$  — сечение сталеалюминиевого, а  $q_b$  — меднобиметаллического] в медном эквиваленте мог быть составлен равномерно растоящий ряд сечений с малой разностью между соседними членами ряда.

Ступенчатое изменение сечения сети позволит снизить затраты средств и дефицитных металлов на километр электрифицируемой ж. д., что, несомненно, ускорит процесс электрификации транспорта.

<sup>2</sup> Hölzer J., Einsparung von ausländischen Rohstoffen für den Bahnbau. El. Bahnen № 5, 1935.

Süßkrüß, Leichtmetall — Fahrleitungen. A. E. G. Mitteilungen № 18, 1936.

## Элементы телеуправления подстанциями московского метро

### SOME BASIC POINTS ON DISTANT CONTROL SYSTEM FOR MOSCOW UNDERGROUND RAILWAY SUBSTATIONS

Л. Г. Рашковский

Москва, Электротранс

**ОСУЩЕСТВЛЯЕМОЕ** в настоящее время телеуправление подстанциями московского метро принадлежит к группе время-импульсных систем. В качестве элементов схемы служат стандартные телефонные реле и шаговые искатели.

Описываемая ниже система телеуправления (авторы-инженеры Парецкий, Райнес и Рашковский) в основном характеризуется тем, что с передающей стороны посылаются на приемную сторону длинный и ряд коротких импульсов тока, составляющих при каждой передаче определенную, раз навсегда зафиксированную сумму. Длинный им-

пульс или несколько длинных импульсов рассылаются в начале, середине или конце периода и ими производится выбор управляемого объекта и одновременная посылка распоряжений на телеуправляемый пункт для производства соответствующих операций.

Прежде чем приступить к массовому изготовлению комплектных телеустановок для всех подстанций метро (для трех диаметров метро намечается около 70 подстанций), был изготовлен один опытный комплект установки типа ВИИ-44 на 44 реле, поражающих и столько же обратных извеще-

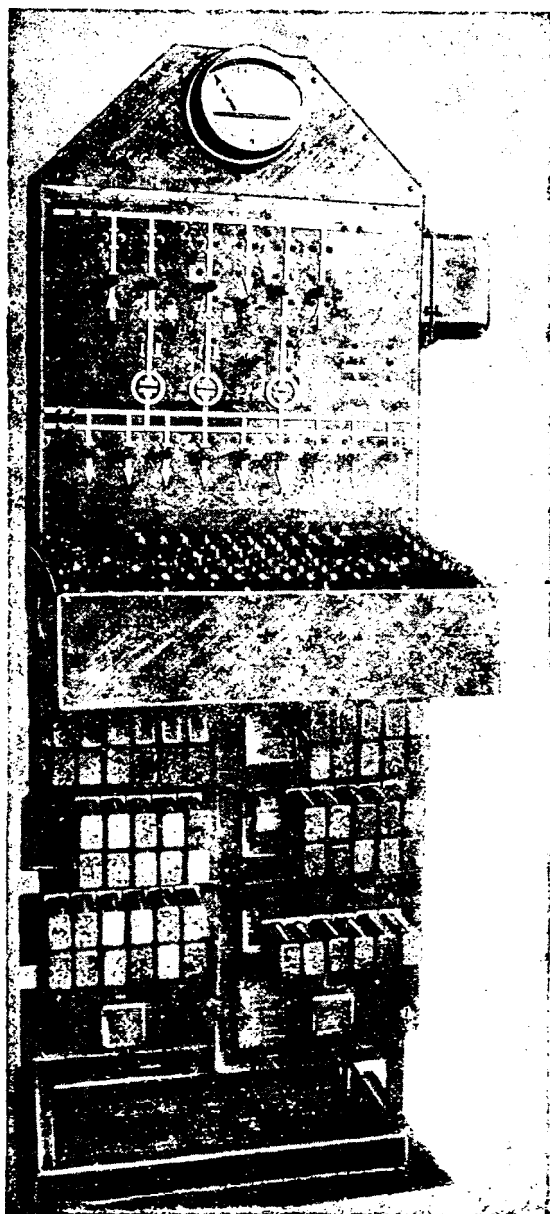
Таблица 1

## Обозначения для схем телеуправления

Графический символ	Означает
	Ряд искателя с 25 ламелями
	Ряд искателя со сплошным контактным кольцом
	Нормально замкнутые контакты
	Нормально разомкнутые контакты
	Нормально замкнутые контакты, замыкающиеся с замедлением
	Нормально разомкнутые контакты, размыкающиеся с замедлением
	Сопротивление омическое
	Катушка искателя или реле
	Катушка двухобмоточного реле
	Кнопка нормально замкнутая
	Кнопка нормально разомкнутая
	Лампа сигнальная
	Переходной контакт
	Коллектор датчика импульсов
	Рубильник
	Звонок

Импульсы создаются с помощью так называемой пульс-пары. Нажатием ключей *КЗ*, *КВ*, *КР* (табл. 1, и рис. 2) возбуждается реле *1П* и его контакты *1П1* замыкаются. Вследствие этого оживляется реле *1ПХ4* и подается питание соленоиду искателя *ИИ*. Одновременно размыкается контакт того же реле *1ПХ2*, чем обесточивается реле *1П*. При возбуждении соленоида искателя *ИИ* его якорь притягивается. При обесточивании соленоида якорь отпускается и силой пружины щетки искателя перескакивают с одной ламели на другую — соседнюю.

Таким образом при последующем возбуждении реле *1П* вновь возбуждается *1ПХ*, за ним соленоид искателя *ИИ*, и при дальнейшем обесточивании *1П* щетки искателя перескочат на соседнюю ламель. При переходе щетки искателя ряда *ИИ6* с нулевого положения на первое, питание реле *1П* получается уже помимо ключей *КЗ*, *КВ* или *КР*, которые служат только в качестве ключей запуска схемы пульс-пары.



1). Телеуправление отдельных подстанций  
состоит из 2—3 комплектов.

Создание и передача импульсов

Рис. 1



*Таблица 2*

Буквен- ный символ	О б о з н а ч а е т
КУ	Ключи управления (индивидуальные)
КР	Ключ размыкания (отключение)
КЗ	Ключ запроса
КВ	Ключ включения
КМ	Ключи индивидуального измерения (метрии)
КМО	Ключ отмены измерения
КИЛ	Ключи вызова измерения изоляции линии
КВМ	Ключ вызова измерения
А,С	Блок-контакты управл. и контролн. аппаратов
Ф	Реле установки искателя в нулев. положении
ФХ	Реле контроля сбоя искателя
ТМ	Групповое реле измерения
РИ	Реле исполнения
ПФ	1-е реле пульс-пары при сбое искателя
ПФХ	2-е " " " "
МХ	Контроль приема телеметрии
Л	Приемные линейные реле
ПХ,П	Реле пульс-пары
В	Реле удлинения импульсов
ПИ	Повторитель импульсов измерения
ОВ	Реле группы включения
ОР	" " " "
ИР	Индивидуальные реле распоряжений
КД	Реле контроля действия
ИМ	Индивидуальные реле измерения
У	Реле обесточивания, реле действия Д
ПЛ	Импульсное реле контроля линии
ПИХ	Реле подготовки передачи импульсов измер.
М	Индивидуальные реле измерения
УМ	Указатель метрии (приемник импульс.)
ИЛ	Реле измерения изоляции линии
Д	Реле действий
ДХ	Реле задержки щеток в нулевом положении
И	Соленоид искателя
Иа, Иб	1, 2 ряда искателя
Ив, Иг	3, 4 " "

При одновременном нажатии одного из ключей *K3*, *KB* или *KP* катушка реле *1B2* возбуждается в тот момент, когда щетка искателя *ИИВ* прикоснулась к ламели *1*, *2* и т. д. Контакт *1B1* замыкается и образует цепь параллельно контакту *1П1*. Благодаря замедленному действию реле *1B* при разрыве тока, контакт *1B1* размыкается значительно позже, чем контакт *1П1*. Таким образом катушка

1ПХ4 остается в данном случае возбужденным столь значительное время порядка 200 нс, образующийся длинный импульс примерно равен по длительности нормальному импульсу.

Посылка импульсов на линию совершается следующим образом.

Реле пульс-пары 1ПХ своим контактом 1 подает импульсы на линию в соответствии с той пульс-парой. В момент передачи импульса нейное реле 2Л сначала отсоединено от линии посредством контактов К34 или КВ3 или КР3. После первого шага искателя это реле отключается от канала связи посредством щетки искателя 1ИГ.

**Характер распоряжений.** Распоряжения делятся на подстанции могут быть двоякого рода: включить или выключить автомат. В общем это значит возбудить или обесточить какой-либо реле или контактор.

При одновременном нажатии ключа  $KB$  и одного из ключей  $1KU$ ,  $2KU$  и т. д. с диспетчера пункта посылаются на подстанцию 2 длинных импульса. Первый импульс расположен на первом шаге искателя, а второй — на третьем или четвертом и т. д.

При желании диспетчера дать распоряжение подстанцию о размыкании или обесточивании жимаются ключ  $KP$  и ключи управления  $12KU$  и т. д. В этом случае по каналу связи: пускается первый длинный импульс на второй искателя, а второй импульс на третьем и четвертом. Не исключается возможность переключения одновременно нескольких распоряжений от и того же порядка: включение или размыкание

**Сигнализация о состоянии искателя.** Для определения состояния искателей передачи и приема на диспетчерском пункте предусмотрены 2 лампы — 1ЛС и 2ЛС. В спокойном состоянии искателя передачи 1ЛС, приключенная к нулевой ламели искателя, горит. Как только искатель начинает «шагать», лампочка гаснет и показывает диспетчеру, что происходит передача.

Передача допустима и возможна только в том случае, если в то же самое время не происходит прием извещений с подстанции. В противном

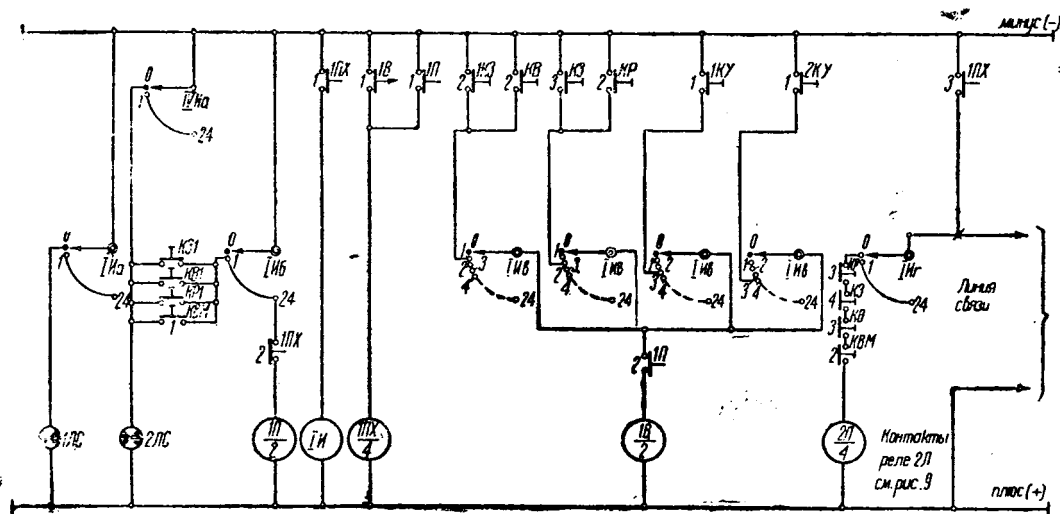


Рис. 2. Диспетчерский пункт. Посылка распоряжений

чае, встречные импульсы сбили бы друг друга, нарушилась бы как задача сигналов, так и прием извещений. Этого предусмотрено: почка 2ЛС, которая рит только в тот момент, когда искатель пр IVИа находится в по Только в этом случае возможен запуск иска передачи. Как видно: схемы, питание для пуска получается то в тот момент, когда ка искателя приема IV стоит на нуле.

Запрос. Диспетчеру  
на возможность вызова  
сообщение с подстан-

состоянии управляемых объектов без того, чтобы произвести какую-либо операцию на самой подстанции. Для этой цели предусмотрен ключ КЗ. При нажатии этого ключа его контакты КЗ1, КЗ2 и КЗ3 замыкаются и с диспетчерского пункта на подстанцию посылаются 2 длинных импульса на первом и на втором шаге искателя, следовательно, подстанция получает переключающих друг друга распоряжения — включить и разомкнуть. Благодаря этому действие подстанции не производится, а лишь вызывает ответ о состоянии аппаратов на ней (подробно см. ниже).

Рис. 3 показывает часть схемы стativa подстанции, принимающую распоряжение с диспетчерского пункта и посылающую на диспетчерский пункт сообщения о состоянии управляемых объектов.

**Прием импульсов.** Импульсы, посылаемые с диспетчерского пункта, возбуждают линейное реле Л. С помощью контакта Л2 возбуждается и обесточивается катушка искателя приема ИИ, благодаря чему щетки искателя передвигаются по полю «шагами», причем интервал между каждым шагом определяется длиной импульса, поступающего на подстанцию.

**Выбор управляемого объекта.** Контакт реле 1Л1 в спокойном состоянии возбуждает реле 2В. Благодаря тому что реле 2В отпускает свой якорь с замедлением при обесточивании катушки, оно остается возбужденным и в том случае, когда контакт 1Л1 размыкается на короткое время, т. е. когда поступает на подстанцию нормальный контактный импульс. В этом случае контакт 2В1 остается разомкнутым. Щетки искателя ИИб касаются ячеек, к которым присоединены катушки 1ИР, 2ИР и т. д., но катушек не возбуждают; в том же случае, когда контакт 1Л1 остается разомкнутым более длительное время, — когда на линейное реле действует длинный импульс, реле 2В сбрасывается, обесточивается, контакт 2В1 на это время замыкается, и катушка ОВ возбуждается. Реле ОВ замыкает свой контакт ОВ1 и получает параллельное питание.

Следующий длинный импульс будет на 3 или 4-й шаг искателя и возбудит катушку индивидуального реле 1ИР, 2ИР и т. д. Реле 1ИР, воз-

буждаясь, замыкает свой контакт 1ИР1 и получает питание по новой цепи. Таким образом производится подготовка к определенному действию, в нашем случае возбуждению аппарата, присоединенного к индивидуальному реле 1ИР.

**Исполнение.** Исполнение действия производится в момент возбуждения реле РИ. Этот момент может наступить только тогда, когда искатель достигнет до нулевой ламели; в этом случае катушка РИ возбуждается по цепи: минус — контакт 1Л1 — щетка искателя ПИа нулевой ламели — контакт 2Ф1 — контакт 2ФХ1 — катушка РИ — плюс.

**Страховка.** Контакты 2Ф1 и 2ФХ1 назначаются для страховки от неправильной передачи импульсов. Эта страховка достигается следующим образом: контакт 1Л2 возбуждает катушку реле 2Ф, которая действует с замедлением, вследствие чего пульс-реле ПФ во время нормального хода искателя не может возбуждаться, а другой контакт 2Ф1 подготавливает цепь для реле исполнения.

Возможны два случая сбоя искателя приема на подстанции. Первый случай — пропуск импульсов из-за случайно плохой работы части схемы, что вызовет остановку искателя приема на шаг или два до нулевого положения. Тогда контакт 2Ф1 разомкнется и реле исполнения не сможет возбуждаться даже в том случае, если искатель с помощью своей местной пульс-пары будет приведен в нулевое положение.

Названная пульс-пара состоит из двух реле ПФ и 2Ф. В тот момент, когда прекращается поступление импульсов, контакт 1Л2 размыкается, реле 2Ф обесточивается и его контакт 2Ф2 замыкается. Реле ПФ возбуждается и своим контактом ПФ2 возбуждает соленоид искателя ИИ и реле 2Ф. Реле 2Ф, возбуждаясь, открывает свой контакт 2Ф2 и обесточивает реле ПФ. Контакт реле ПФ2 размыкается и обесточивает реле 2Ф, которое своим контактом 2Ф2 опять возбуждает реле ПФ.

Следует отметить, что при включении реле ПФ контактом ПФ1 обесточиваются все индивидуальные реле, которые были включены ранее. Процесс передвижки прекращается в тот момент, когда щетка искателя ПИа остановилась на нулевой ламели. Реле исполнения на этот раз не возбуждается, так как контакт 2Ф1 разомкнут.

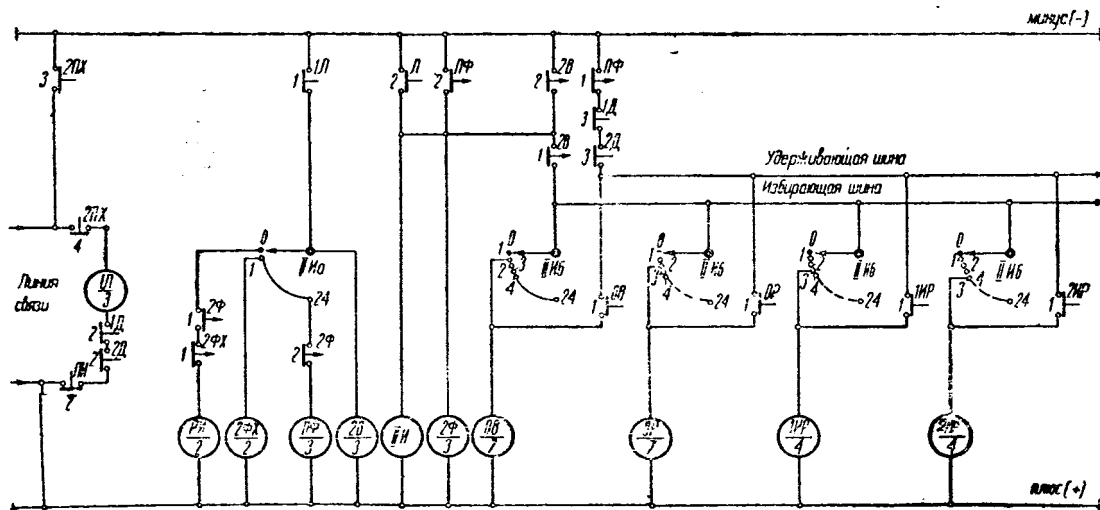


Рис. 3. Подстанция. Прием распоряжений

Случай второй — это перескакивание щетки искателя за нулевое положение. Это происходит, когда число импульсов, поступающих на подстанцию, больше числа, посылаемых диспетчером. В этом случае схема должна не допустить срабатывания реле исполнения. Это достигается контактом 2ФХ1. Происходит это потому, что реле 2ФХ, действующее с замедлением при разрыве питания, держит свой контакт 2ФХ1 открытым в тот момент, когда искатель проходит нулевую ламель.

При нормальных условиях, т. е. при совпадении числа импульсов, принятых стивом подстанции, с числом импульсов, переданных диспетчерским пунктом, произойдет включение реле исполнения РИ. Это совершается в тот момент, когда контакт 2ФХ1 успеет закрыться, а контакт 2Ф1 не открылся.

Реле исполнения РИ своим контактом РИ1 (рис. 4) в зависимости от того, каково было распоряжение диспетчера — включить (возбудить) или разомкнуть (обесточить) аппарат на подстанции, — подает импульс на управляемые объекты. При расположении на включение возбуждается реле общего включения ОВ, а при распоряжении на размыкание, — реле общего размыкания ОР.

**Подготовка передачи извещений.** Посылка извещений с подстанции (рис. 4) значительно отличается от посылки распоряжений с диспетчерского пункта. Если в последнем случае порядок посылки распоряжений и величина интервалов между ними зависит от воли человека и, следовательно, поддается определенному регулированию, — все, что происходит на подстанции, зависит от целого ряда причин, и не представляется возможным заранее определить как порядок передачи извещения, так и время, через которое они следуют. Поэтому на подстанции, кроме устройства для первого импульса, вызывающего сдвиг щеток искателя с нулевой точки, требуется устройство для запаса извещения.

Возможны два случая подготовки. Первый случай — срабатывание схемы при изменении положения управляемых объектов на подстанции. При этом безразлично, происходит ли это изменение автоматически или же в результате какой-либо операции вручную, например, автоматическое выключение автомата от защиты или выключение его диспетчером. В том и другом случае управляемый

аппарат с помощью переходных контактов 1А или 1С, 2С и т. д. возбуждает реле действия или 2Д в зависимости от того, к какой группе паратов он подключен — А или С.

Переходный контакт осуществляется различными способами. Рис. 5 показывает один из схем способов. В момент переключения контактов и 2А и т. д. происходит кратковременный разрыв цепи питания реле ПР, вследствие чего оно остывает и своим другим, не показанным в схеме, нормально замкнутым контактом дает первый импульс искателю, который начинает шагать, вращаясь с помощью своей пульс-пары.

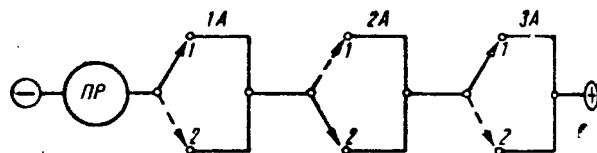


Рис. 5. Переходной контакт, осуществляемый цепочкой

Вторым случаем подготовки схемы к передаче обратных извещений с подстанции является задержка с диспетчерского пункта. Как было указано выше, диспетчер может с помощью ключа запроса послать на подстанцию два первых длинных импульса, которые возбуждают реле ОВ и ОР. В этом случае схема приема распоряжений принимает такую форму, при которой ни одна из индивидуальных цепей 1ИР1, 2ИР1 и т. д. не получает питания для воздействия на управляемые аппараты на подстанции даже в том случае, если то или иное индивидуальное реле 1ИР, 2ИР и т. д. окажется возбужденным. Как видно из разбираемой нами схемы, при одновременном возбуждении реле ОВ и ОР ни одна из операционных цепей 1ИР2, 2ИР2 и т. д. не может получить питания.

В рассматриваемом нами случае при запрете происходит лишь срабатывание реле исполнения РИ и возбуждения реле 1Д и 2Д. Одновременно с реле 1Д и 2Д получают питание групповые реле 1ГА и 1ГС, производящие выбор поля искателя, к которому присоединен объект, посылающий извещение.

**Запасание.** С помощью контакта 1ГА обеспечивается бесперебойная передача по группе А в то

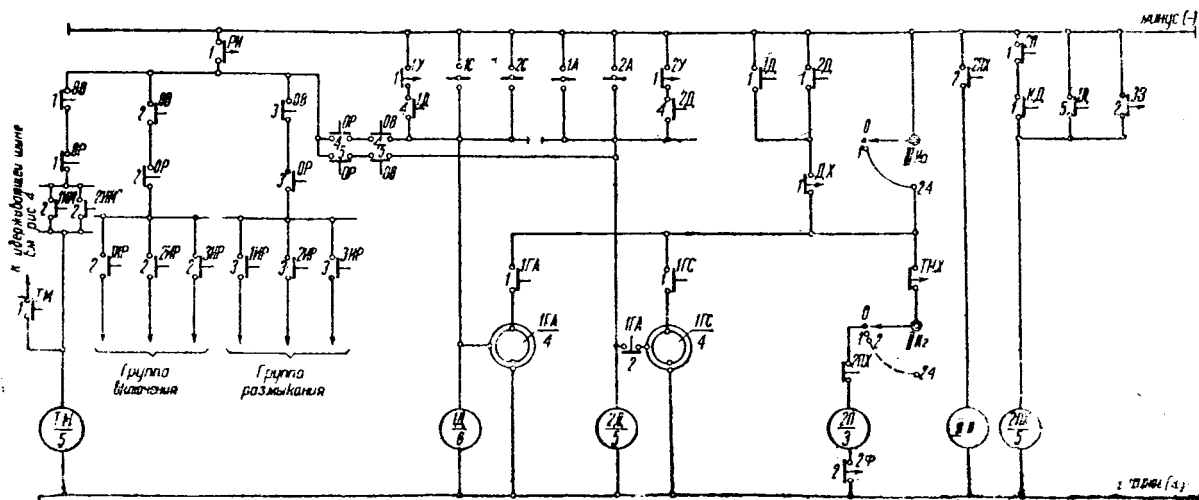


Рис. 4. Выполнение распоряжений и подготовка обратных извещений

даже, если передача по этой группе началась раньше, чем по другой группе С. Сообщения по группе С, — если они должны были бы появиться во время передачи по группе А, — запасаются, чтобы по окончании передачи по группе А началась передача по группе С. Запасание производится контактами 1Д4 и 2Д4, каждый по своей группе, причем, что они подпитывают каждую катушку этого реле 1Д6, 2Д6, вследствие чего контакты 1Д1 или 2Д1, включенные параллельно щетке искателя ПИА, дают первый импульс пульс-паре 2П ИХ искателя передачи подстанции.

Контакт 2Ф2, включенный в цепь питания катушки 2П3, имеет нижеследующее назначение. Видно из схемы, этот контакт возвращается в свое нормальное замкнутое состояние с некоторым замедлением. Выше (рис. 3) указано было на действие линейного реле с реле 2Ф, которое включается в том, что во время приема на подстанции распоряжений диспетчера катушка 2Ф3 является все время возбужденной. Контакт этого реле 2Ф2 на разбираемой схеме (рис. 4) вследствие этого остается разомкнутым и пульс-пара не может начать работать во время приема распоряжений. Другими словами, передача сообщений с подстанции возможна только тогда, когда линия связи свободна. В противном случае, импульсы сигнала смешались бы с импульсами передачи, и другое оказалось бы нарушенным.

**Предпочтение контрольной операции перед передаточной.** При телеуправлении энергопредельными установками необходимо предусмотреть устройство, которое недопустило бы изменение распоряжения диспетчера, если во время передачи произошло какое-либо изменение состояния управляемых объектов. В нашей схеме (рис. 3) это требование выполняется следующим образом. В момент изменения состояния какого-либо из управляемых объектов, как сказано выше, срабатывает реле 1Д или 2Д. Контакты этого реле 1Д3 или 2Д3 разрывают цепь питания реле ОВ и ОР и индивидуальных реле ИР. Вследствие этого отпадает исполнение распоряжения.

После того как полностью прекратилось поступление импульсов и линия связи оказалась свобод-

ной, реле 2Ф обесточивается, его контакт 2Ф2 замыкается и только тогда пульс-пара передачи начинает работать.

Как только кончается прием распоряжений и схема подготовлена к передаче извещений, происходит восстановление схемы приема.

**Связь управляемых объектов с передачей извещений.** Управляемые объекты снабжены двумя блок-контактами, из которых один нормально замкнут, а другой разомкнут. Можно условиться, что разомкнутый блок-контакт соответствует включенному, возбужденному, состоянию управляемого аппарата, а замкнутый блок-контакт — выключенному, — обесточенному состоянию. Эти блок-контакты подают ламелям искателя передачи плюс и минус в зависимости от состояния управляемого аппарата (рис. 6).

**Передача извещений.** Передача извещений происходит, в основном так же как передача распоряжений, — посылкой определенного постоянного количества импульсов с подстанции на диспетчерский пункт. При этом определенному состоянию управляемого объекта соответствует длинный импульс. В нашем случае длинный импульс получается в тот момент, когда аппарат включен (возбужден), и его блок-контакт 1А2 замкнут. В отличие от передачи распоряжений, где обычно посылается однозначный длинный импульс для управления одним каким-либо объектом при передаче извещений, происходит одновременная посылка нескольких длинных импульсов, свидетельствующих о включенном состоянии всех аппаратов, присоединенных к данному полю искателя.

Может случиться, что все импульсы будут длительными или, наоборот, все короткими. В первом случае это будет означать, что все управляемые аппараты включены, а во втором случае, что все они разомкнуты.

Наиболее ответственные объекты занимают две ламели: одну на включенное или возбужденное состояние, а другую — на разомкнутое или обесточенное состояние аппарата.

**Контроль действия.** Из описаний передачи извещений мы видим, что состояние управляемых аппаратов во включенном положении определяется длинным импульсом; отсутствие длинного

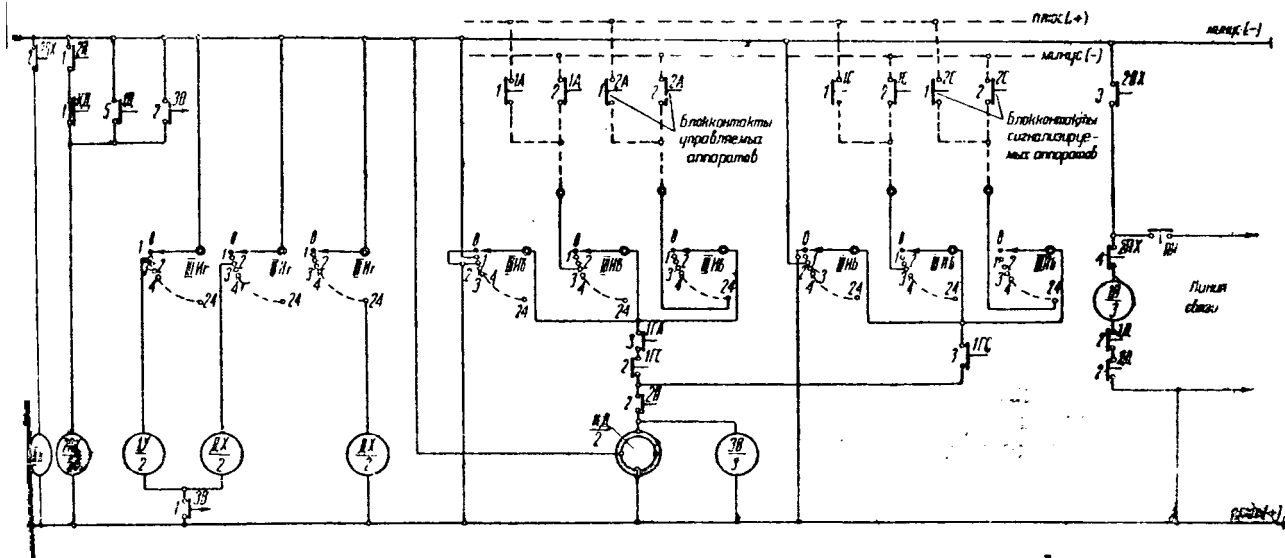


Рис. 6. Подстанция. Восстановление схемы приема и передача извещений

импульса принимается как показатель разомкнутого состояния аппаратов. В нормальных условиях такой способ опознавания состояния управляемых объектов может считаться абсолютно безошибочным. Иначе обстоит дело при порче блок-контактов аппарата или обрыве цепи, питающей контакты основного реле 3ВЗ (рис. 4).

Правда, случаи обрыва или порчи блок-контактов можно считать крайне редкими, но все же следует от них застраховаться. Такая страховка достигается посредством реле контроля действия КД (рис. 6). Это реле имеет две обмотки, действующие друг против друга. При каждом импульсе, т. е. при каждом замыкании контакта 2П2, это реле получает плюс или минус, в зависимости от того, к какому полюсу присоединена в данный момент ламель искателя.

**Диспетчерский пункт.** Для удобства передачи распоряжений и приема сообщений диспетчерский пункт снабжается пультом управления, на котором нанесена mnemonicкая схема управляемой энергетической установки. На пульте укреплены ключи управления и сигнальные лампочки; по положению ручки ключа и цвету сигнальных лампочек диспетчер определяет состояние аппаратов на управляемой установке.

**Прием сообщений.** Первый или второй поступающий импульс должен быть длинным, так как с помощью его избирается ряд искателя, принимающий сообщения от аппаратов группы А или С. В зависимости от того, на каком шагу искатель сделает удлиненную остановку, соответствующую длинному импульсу, возбуждятся реле первой или второй групп.

**Телеизмерение.** Применение частотно-импульсной системы телеизмерения<sup>1</sup> позволило осуществить схему телеизмерения по вызову с использованием

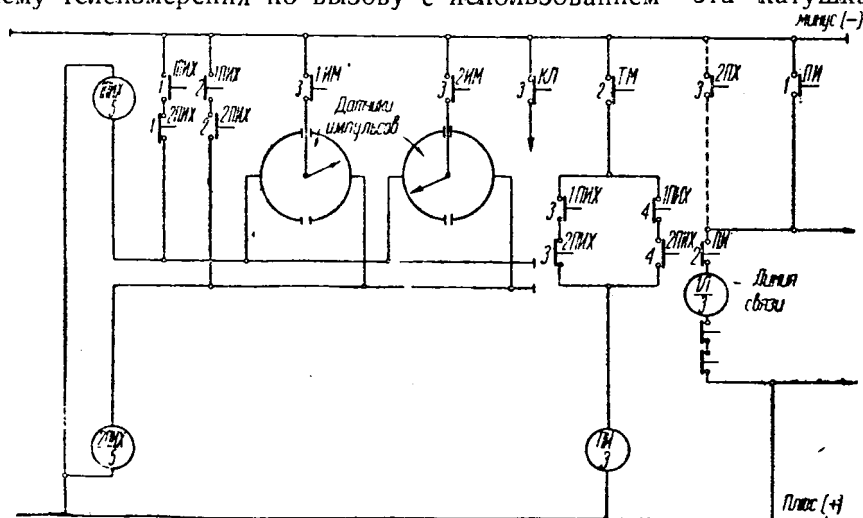


Рис. 7. Подстанция. Передача импульсов телеизмерений

одного канала связи для телеуправления, сигнализации и измерений.

Схема вызова измерений принципиально отличается от схемы передачи распоряжений (рис. 2) лишь числом длинных импульсов; в новой схеме посылают лишь один удлиненный импульс вместо двух, посылаемых при передаче распоряжений.

<sup>1</sup> Парецкий, Об импульсных методах телеизмерения и суммирования «Электричество», № 23, 1935 г.

Нажатием индивидуальных кнопок измерителя создается удлиненный импульс на соответствующем ходе искателя. Запуск искателя производится ключом КВМ. Контакт КВМ-2 отключает линию реле 2Л во время посылки импульсов и тем самым разрывает связь. Контакт 1ПХ-3 посылаются 24 коротких импульсов и один длинный.

**Подстанция.** Аналогично приему распоряжений на подстанции, на включение и отключение (при этом происходит выбор измерения тем, что на соответствующем шаге искателя приема возбуждаются индивидуальные реле измерения<sup>2</sup> 1ИМ, 2ИМ и т. д. В конце хода искателя при срабатывании реле исполнения РИ контакт РИ1 замыкается, возбуждается общее реле измерения ТМ. Индивидуальное реле 1ИМ своим контактом включает в работу импульсный передатчик измерений.

Импульсный механизм передатчиков конструкции инж. Парецкого дает при нормальной работе от 2 до 10 импульсов в секунду при частоте оборотов контактной щетки от 1—5 об/сек. Для обеспечения автоматического отключения при измерении на диспетчерском пункте (см. рис. 8) необходимо поддерживать определенную длительность паузы, образующейся между двумя импульсами во время перехода контактной щетки импульсного передатчика измерений от одного контактного сегмента на другой, независимо от скорости вращения щетки. Это условие выполняется вспомогательной схемой (рис. 9). Вращающаяся щетка датчика импульсов постоянно скользит то по левому, то по правому контактному сегменту датчика. В момент прикосновения щетки к левому сегменту возбуждается реле 1ПХ. Возбуждение катушки 1ПХ5 вызывает замыкание контакта 1ПХ1, вследствие чего эта катушка получает питание помимо датчика импульсов. Таким образом реле 1ПХ остается возбужденным во время перехода щетки с левого на правый сегмент. Когда щетка коснется только щетки первого сегмента, возбуждается реле 2ПХ, аналогично первому реле 1ПХ. Благодаря обмотке катушки 2ПХ5 размыкается контакт 2ПХ1, катушка 1ПХ5 обесточивается и своим контактом 1ПХ2 обесточивает параллельное питание реле 2ПХ помимо правого сегмента. При дальнейшем вращении щетки цикл повторяется. Мы видим таким образом, что эти два реле — 1ПХ и 2ПХ, взаимно друг друга обесточивают. В дальнейшем работа этих реле передается на реле посылки импульсов ПИ, обеспечивая ему всегда короткие паузы, независимо от скорости вращения щетки датчика телеизмерения.

Контакт ПИ1 посылает в линию длинные импульсы различной величины, разделенные короткими паузами. Число импульсов в единицу времени зависит от величины передаваемого измерения. Они включены параллельно 18 ИР, 19 ИР и т. д.

Контакт ПИ2 посылает в линию короткие импульсы, которые служат для проверки исправности линии связи. Число импульсов в единицу времени зависит от величины передаваемого измерения. Они включены параллельно 18 ИР, 19 ИР и т. д.

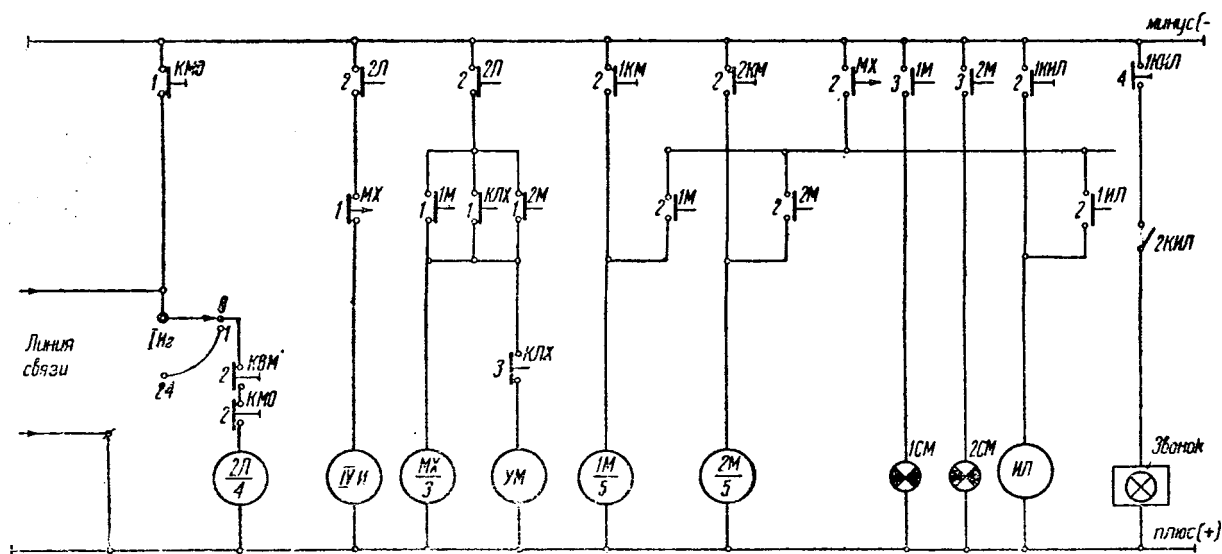


Рис. 8. Диспетчерский пункт. Прием измерений

Число импульсов колеблется в пределах 1—10 в секунду.

Поступающие с подстанции импульсы измерения принимаются линейным реле 2Л (рис. 8), точно так же как импульсы извещения. При вызове передачи измерений нажимаются, как указано было выше, ключи измерений 1КМ, 2КМ и т. д., в зависимости от того, какое показание диспетчер хочет узнать: мощность, напряжения, сумму мощностей и т. д.

Контакты ключа измерения 1КМ2, 2КМ2 и т. д. дают питание реле 1М и 2М и т. д. Контакты 1И1, 2И1 и т. д. обеспечивают питание импульсами индикатора измерения (состоящего из приемника импульсов и милливольтметра).

Как только начали поступать импульсы измерения, ключ измерения может быть опущен. В тот момент, когда с подстанции прекратится передача измерений, реле МХ обесточится, и схема примет первоначальный вид.

При одном канале связи измерения обычно передают в промежутках между передачей распоряжений и получением извещений. Таким образом схема на подстанции должна автоматически отключать передачу измерений в тот момент, когда на подстанции произошло изменение в состоянии одного из управляемых объектов.

Отключение передачи измерений происходит следующим образом.

На схеме подготовки обратных извещений (рис. 4) мы видим, что в момент изменений положения какого-либо объекта возбуждается реле действия 1Д или 2Д, вследствие чего нормально замкнутые контакты этих реле 1ДЗ или 2ДЗ, создавая цепь питания удерживающей шины (рис. 3), замыкаются. Обесточивание этой шины влечет за собой обесточивание всех индивидуальных реле на подстанции и в частности реле выбора измерения 1ИМ, 2ИМ и т. д., а также общее реле измерения ТМ. Обесточивание реле ТМ вызывает прекращение работы реле ПИ (рис. 8) и приостановку передачи импульсов измерений. Таким образом линия связи освобождается для передачи оперативных извещений.

Прекращение передачи измерений с диспетчер-

ского пункта производится с помощью ключа остановки измерения КМО, который посылает на подстанцию импульс тока. Во время паузы реле ПИ обесточится и закроет свой контакт в цепи линейного реле 1Л. Вследствие этого произойдет сбой работы искателя 1ИИ и схема подстанции будет восстановлена.

**Контроль линии связи.** При длительном отсутствии оперативных и измерительных передач в связи с возможными повреждениями линии связи (обрыв или короткое замыкание) необходимо обеспечить ее контроль. Последний достигается следующим образом.

На подстанции устанавливается простой датчик импульсов, посылающий один импульс в 20—30 сек. На диспетчерском пункте устанавливается также комплект ключей (КИЛ), индивидуальное реле (1ИЛ) и сигнальный аппарат (сирена или звонок).

При обрыве или коротком замыкании линии связи реле 1ИЛ обесточится и сработает сигнал порчи линии.

На основании вышеприведенных схем можно отметить следующие характерные особенности системы телеуправления типа ВИИ-44;

1) полная страховка от неправильных исполнений распоряжений диспетчера даже в случае порчи отдельных элементов схемы (контакты, реле, искатели);

2) полная страховка от передачи извещений, несоответствующих фактическому состоянию управляемых объектов;

3) возможность безошибочно отличить правильный от неправильного приема извещений даже в случае порчи отдельных элементов схемы;

4) одновременная передача нескольких однозначных распоряжений: включить аппарат или оживить катушку, разомкнуть аппарат или обесточить катушку;

5) возможность получить одновременное показание о состоянии всех управляемых объектов;

6) полная независимость от постоянства напряжения питания схем и независимость между источниками питания передающей и принимающей сторон;

7) для составления всех схем системы можно применить стандартные телефонные реле и искатели;

8) в качестве линии связи годны свободные жилы нормального телефонного кабеля (48 V);

9) проводником импульсов может быть любой частоты (многократное использование одного канала связи);

10) схемы составляются из относительно большого количества реле и контактных групп

## Выбор рациональной ширины сближения линий электропередач с линиями связи

### CHOISE OF RATIONAL WIDTH OF CLOSENESS FOR POWER TRANSMISSION LINES AND COMMUNICATION CIRCUITS

П. И. Спеваков

Ростов-на-Дону, Азэрэне

ПРИСТУПАЯ к выбору трассы линии электропередачи, необходимо ориентировочно установить допустимую ширину сближения проектируемой линии с имеющимися в данном районе проводами слабого тока, в особенности системы НКС, к которым предъявляются особо жесткие требования.

В настоящей статье освещаются основные принципы сближения линий электропередачи с линиями слабого тока, пользуясь которыми можно установить ту минимальную ширину сближения, при которой электростатические и электромагнитные влияния не превышают установленных Правилами и нормами пределов.

В Союзе приняты три стандартных напряжения в энергетических системах 220, 110 и 35 kV, линии электропередачи 220 и 110 kV предусматриваются с наглухо заземленной нейтралью. Линии связи НКС в большинстве своем имеют двухпроводные телефонные и однопроводные телеграфные цепи, иногда эти цепи подвешиваются на одних и тех же столбах. Задача о сближении здесь будет изучаться в разрезе упомянутых типов линий связи и электропередач.

Приводимые ниже рассуждения применимы также и для диспетчерских телефонных линий, обслуживающих энергетические системы<sup>1</sup>.

В формулах приняты следующие обозначения:

$U$  — рабочее напряжение линии электропередачи в В;

$a$  — расстояние между линиями (слабого тока и электропередачи) в м;

$b$  — средняя высота подвеса проводов линии электропередачи, которая может быть принята равной 8 м для 35 kV, 10 м для 110 kV и 12 м для 220 kV (если  $H$  — высота подвеса проводов на опоре и  $f$  — минимальная в году стрела провеса проводов, то  $b = H - 0,7 \cdot f$ );

$c$  — средняя высота подвеса проводов линии слабого тока, около 6 м;

$d$  — среднее геометрическое расстояние между проводами

$$\sqrt[3]{2 \cdot 3,25 \text{ м для } 35 \text{ kV, } \sqrt[3]{2 \cdot 4,25 \text{ для } 110 \text{ kV и } \sqrt[3]{2 \cdot 6,2 \text{ для } 220 \text{ kV;}}$$

$e$  — расстояние между проводами двухпроводной телефонной цепи, равное 0,6 м;

$n$  — число проводов, подвешенных на линии связи.

**Электростатическая индукция при двухпроводных телефонных цепях.** В трудах Международного консультативного комитета телефонных сообщений на большие расстояния (МКК) предлагается в расчетах пренебрегать влиянием электростатической индукции, если телефонная линия, изо-

лированная от земли на всем сближении, удалена от линии передачи на расстояние

$$a > \frac{1}{3} \sqrt{U}.$$

Опасное напряжение электростатической индукции в двухпроводных телефонных цепях создается емкостным ток при заземлении одной фазы линии электропередачи, работающей в системе с изолированной нейтралью.

Учитывая, что действующие Правила и нормы составлены применительно к указанным трудам МКК, линии электропередачи 35 kV из условий опасного влияния электростатической индукции от телефонной линии должны быть удалены на расстояние

$$a \geq \frac{1}{3} \sqrt{35000} = 62,5 \text{ м.}$$

Кроме опасного напряжения, действующего только в промежутках времени, когда имеет место заземление фазы линии передачи, электростатическая индукция создает еще и мешающие напряжения благодаря наличию высших гармонических в кривой напряжения. Мешающие напряжения действуют в течение всего времени эксплуатации линии передачи.

Наибольшее внимание в отношении мешающих влияний электростатической индукции следует уделять дальним связям. Дальняя телефонная передача, как показала практика, протекает вполне удовлетворительно, когда постороннее мешающее напряжение электростатической индукции будет не более 5 mV. В соответствии с этим МКК в своих правилах защиты требует, чтобы в телефонных цепях между народного значения общее напряжение шума не превышало 5 mV, вследствие чего величина шума делится между государствами, по которым проходит цепь пропорционально протяженности.

В Правилах и нормах выставляется подобное требование, которое относится только к трансляционным участкам телефонной цепи, попадающим в зону электростатического воздействия линии передачи. Объясняется это тем, что если телефонная линия большого протяжения имеет сближение с каким-либо из трансляционных участков, в цепи которой возникают шумы, то эти шумы через промежуточные усилители распространяются на всю телефонную цепь и достигают концов ее в той же мере, в какой они получились. Если при этом на другом трансляционном участке имеет место электростатическое воздействие от этой или другой линии передачи, то мешающие шумы будут складываться. Норма напряжения шума в 5 mV относится ко всем сближениям на длине телефонной цепи. Если имеются несколько трансляционных участков на телефонной цепи, то на каждый участок должна приходиться часть этой величины. Делить ее можно как угодно, например: при двух трансляционных участках: 1 и 4 mV; 2 и 3 mV; 2,5 и 2,5 mV в зависимости от местных условий сближений<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Надо сказать, что в Правилах и нормах эта сторона ответственности весьма слабо

<sup>1</sup> Для однопроводных телефонных цепей (и ж. д. блокировки), как показывают расчеты, нет надежных средств, обеспечивающих возможность работы линий в подобном случае. Поэтому эти линии переустанавливаются на двухпроводные с тем, чтобы не удалять от них на большие расстояния проектируемые линии передачи.



наших правилах защиты норма в 5 мВ относится мак-  
тн только для двух трансляционных участков, т. е. рас-  
привается случай, который возможен в практике проек-  
ирования линии передачи большего протяжения. Влияние  
альных сближений, уже существующих по длине данной  
фонной цепи, до сих пор в СССР не принималось во  
вание.

Еще пока нет таких фактических данных, чтобы предъяв-  
ть довольно жесткие требования относительно выполнения  
овий, указанных выше. Однако соответствующая экспе-  
иментальная работа в этом направлении весьма желательна,  
а еще быстрый рост высоковольтных сетей СССР не по-  
и телефонные цепи в нежелательные условия работы  
е усложнил тем самым выбор трасс новых линий пе-  
дач.

Расчеты мешающих шумов определяются по следующим  
рулам.

Мешающее напряжение электростатической индукции ис-  
авной линии передачи, работающей в системе с заземлен-  
нейтралью, или случайно заземленной фазы линии пе-  
дачи, работающей в системе с изолированной нейтралью,  
и условии устранения заземления в течение не более  
ех часов с начала аварии

$$= 0,2 \cdot U \sum \frac{ab\delta\sigma}{(a^2 + b^2 + c^2)^2} l_s = A \sum \frac{a}{(a^2 + b^2 + c^2)^2} l_s, \quad (3)$$

А — произведение постоянных множителей, вошедших  
формулу, соответственно приведенным выше цифровым  
значениям.

Мешающее напряжение электростатической индукции не-  
равной линии передачи, работающей в системе с изоли-  
ванной нейтралью, когда случайное заземление одной  
и не устраняется в течение трех часов:

$$E = 0,1 \cdot U \frac{b\sigma}{a^2 + b^2 + c^2} \cdot l_s = A \frac{1}{a^2 + b^2 + c^2} l_s, \quad (4)$$

ада

$$a > \sqrt{A \frac{l_s}{E} - (b^2 + c^2)} \quad [\text{м}]. \quad (5)$$

Формулы (3) и (4) справедливы, когда длина участка ме-  
ющего влияния, наиболее близкого к линии передачи,  
ная наибольшему расстоянию между скрещиваниями  $l_s$  на  
дупроводной телефонной цепи, параллельна линии электро-  
передачи. Под знаком  $\Sigma$  в формуле (3) подразумевается сум-  
мешающих напряжений, наводимых на сближениях линии  
и с несколькими независимыми одна от другой линиями  
передачи, или же сумма мешающих напряжений, наводимых  
той и той же линией передачи на отдельные трансляцион-  
е участки.

При наличии косоого сближения или пересечения в фор-

мы (3) и (4) необходимо ввести еще сумму  $\sum_1^N$ , где  $N$  —

ко эквивалентных участков  $l_n$  неуравновешенного меша-  
ющего участка телефонной цепи, полная длина которых

$$= \sum_1^N l_n.$$

зависимость  $a$  от  $l_s$  и  $E$  для линий электропередач гра-  
фически представлена на рис. 1 и 2.

Из условия опасного напряжения электростатической на-  
пряженности для линий передачи 35 кВ снижаться ниже пунктир-  
ной линии (62,5 м) можно лишь на больших участках, но  
в коем случае на всей длине.

Рассмотрим случай однопроводных телеграфных цепей.  
и заземлении одной фазы линии передачи с изолирован-  
нейтралью создается электрическое поле напряжения  
этой последовательности. Находящиеся в этом поле те-  
леграфные провода с землей в качестве обратного провода  
участвуют электрический заряд, который стекает в землю.  
ток, проходя через аппараты связи, нарушает нормаль-  
ную работу. Телеграфирование протекает неудовлетворитель-  
но, когда мешающий ток более 2 мА.

ли строящаяся линия передачи с изолированной ней-  
тралью находится в зоне сближения с телеграфными линиями,  
необходимо учесть мешающее влияние по формуле:

$$I = 0,0014 \cdot U \sum \frac{1}{n+2} \cdot \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} l_n. \quad (6)$$

Подставляя значения постоянных и полагая  $I = 2$  мА, на-  
ходим:

$$a \geq \sqrt{\frac{A}{n+2} l - (b^2 + c^2)}. \quad (7)$$

График для этого случая представлен на рис. 3.

Если на одних и тех же столбах подвешены и теле-  
графные и телефонные цепи, необходимо взять большее рас-  
стояние, пользуясь графиками рис. 1, 2 и 3.

Выбор минимальной ширины сближения для линий пере-  
дач напряжением 35 кВ (изолированная нейтраль) разрешает-  
ся полностью графиками рис. 1, 2 и 3. Для выбора мини-  
мальной ширины сближения с линиями передачи 110 и 220

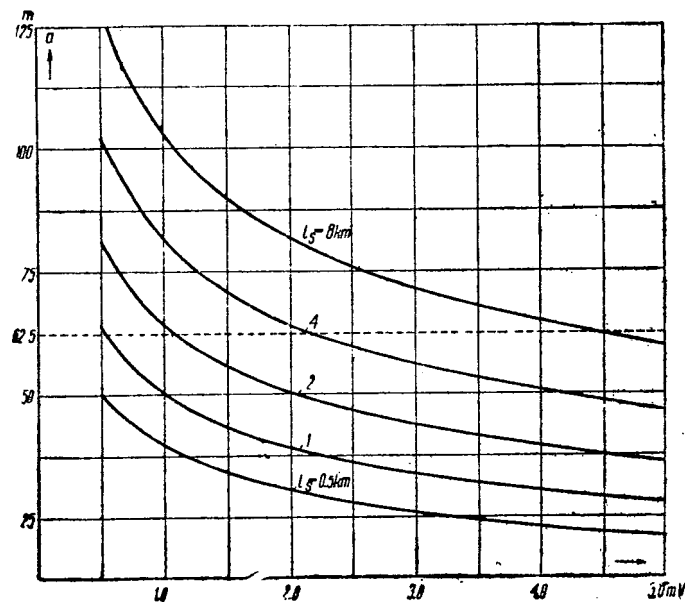


Рис. 1. Ширина сближения.  $a$  — для неисправных линий  
передачи напряжением 35, 110 и 220 кВ в зависимости от  
 $l_s$  и  $E$  двухпроводных телефонных цепей (кривые по-  
строены для 35-кВ линии. Для 110-кВ линии  $a_{110} \geq 1,73 a_{35}$ ,  
для 220-кВ  $a_{220} \geq 2,62 a_{35}$

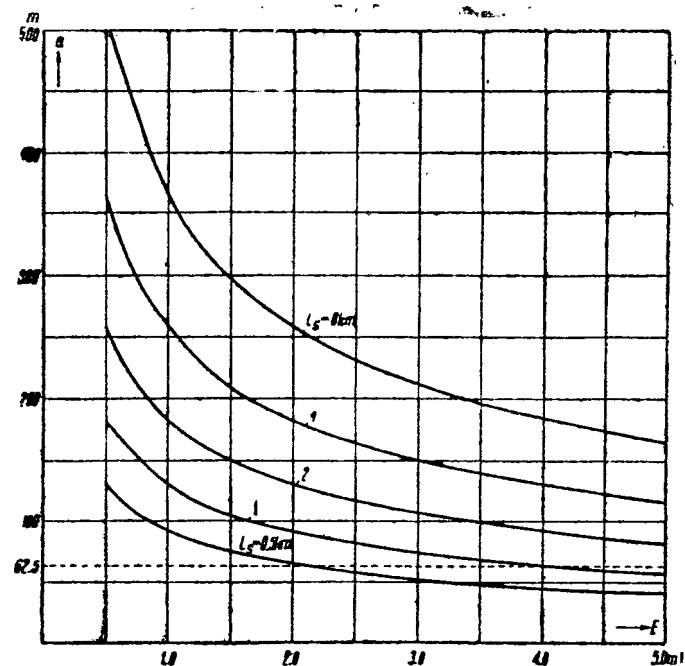


Рис. 2. Ширина сближения  $a$  для неисправной 35-кВ линии  
передачи в зависимости от  $l_s$  и  $E$  двухпроводных телефон-  
ных цепей



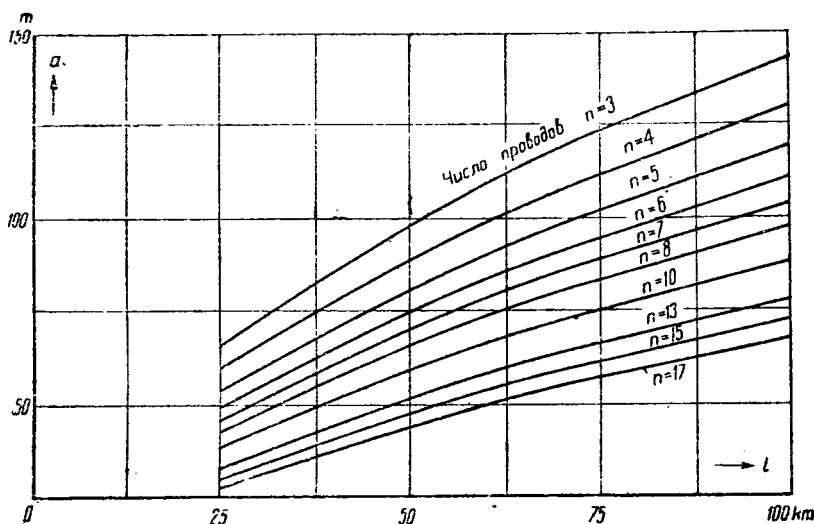


Рис. 3. Ширина сближения  $a_{35-kV}$  линии передачи длиной  $l$  с  $n$  проводами линии связи, имеющей телеграфные цепи

kV (заземленная нейтраль) служит график рис. 1, однако пользование только этим графиком недостаточно. Необходимо учесть еще влияние электромагнитной индукции.

**Электромагнитная индукция.** Для линий передач, работающих в системе с заземленной нейтралью, минимальная ширина сближения, кроме влияния электростатической индукции, зависит еще от воздействия электромагнитной индукции, возникающей при однополюсном к. з. линии передачи, когда в земле вдоль линии передачи протекает влияющий ток  $I_k$ , равный утроенной величине тока нулевой последовательности<sup>8</sup>.

Из условия электромагнитной индукции минимальная ширина сближения может быть найдена из уравнения:

$$E_k = I_k \sum \omega M'_n, \quad (8)$$

откуда

$$a_{экв} = f(\omega M)_{экв} = f\left(\frac{\int \omega M I_n}{l}\right) = f\left(\frac{E_k}{I I_k}\right). \quad (9)$$

Продольное напряжение от электромагнитной индукции не должно превышать 750 В (эффективных), поэтому из уравнения (9) для переменных  $I_k$  и  $l = \sum I_n$  может быть построен график, представленный на рис. 4. Значения  $\omega M$  приняты по данным МКК.

Условия электромагнитного воздействия требуют большего удаления от линий связи линий передач, чем условия электростатического воздействия. Поэтому, если минимальная ширина сближения графика рис. 4 для всей длины линии передачи по каким-либо соображениям не может быть удовлетворена, необходимо точным расчетом, рекомендуемым

<sup>8</sup> В линиях передачи с изолированной нейтралью не считаются с возможностью одновременного заземления двух разных фаз в разных точках сети при сближении их с телеграфными, а также со всеми двухпроводными цепями связи.

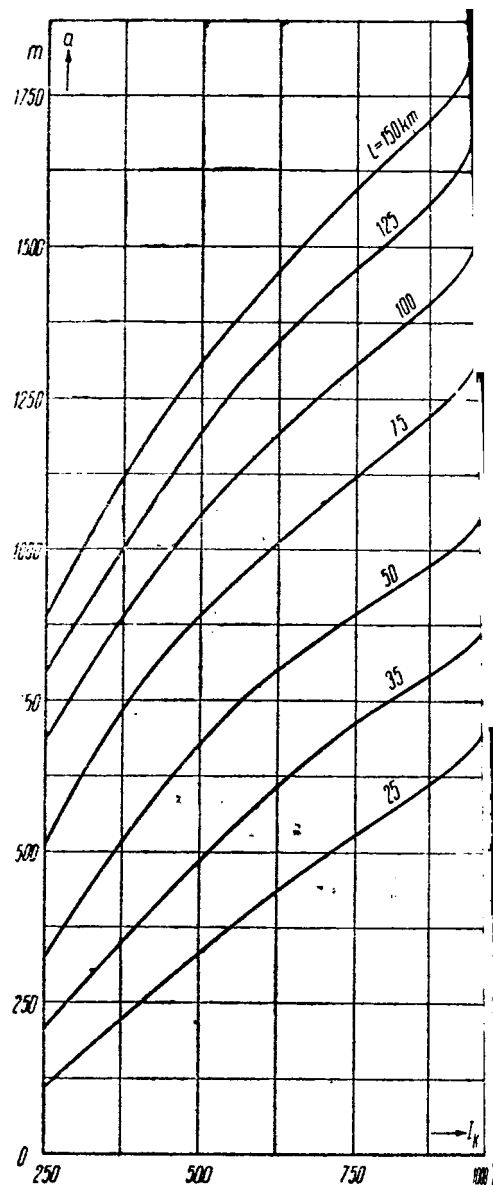


Рис. 4. Ширина сближения  $a$  в зависимости от  $I_k$  и  $l$

Правилами и нормами, установить величину продольного напряжения электромагнитной индукции, и если последнее будет больше 750 В, то необходимо предусмотреть защиту линий связи разрядниками. В этом случае роль графика рис. 1 сводится к тому, чтобы установить, какую минимальную ширину сближения на некоторых участках можно допустить, при которой не следует опасаться мешающих шумов в телефонных двухпроводных цепях.

# К основным определениям в области измерительных трансформаторов

ON FUNDAMENTAL DEFINITIONS RELATING TO INSTRUMENT TRANSFORMERS

А. Д. Нестеренко

Энергетический институт Академии наук СССР

ОСНОВНЫЕ соотношения между первичным и вторичным напряжениями или токами трансформаторов обычно выражают через коэффициент трансформации, а также фазный сдвиг между ними, причем обе эти величины указывают в отдельности. Во многих случаях рациональнее эти отношения представлять в комплексном виде. Ниже автор дает частный случай изображения коэффициента трансформации для измерительных трансформаторов. Между первичной и вторичной величинами измерительного трансформатора существуют соотношения:

трансформатор тока

$$u_x = \frac{I_1}{I_2};$$

трансформатор напряжения

$$u_x = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}.$$

Если как  $\dot{I}_1 = u \dot{I}_2 e^{-j\delta}$ , также  $\dot{U}_1 = u \dot{U}_2 e^{-j\delta}$ , то

$$u_x = e^{-j\delta} \frac{I_1}{I_2} = u e^{-j\delta}. \quad (1)$$

Одна из основных величин измерительного трансформатора [второй заданной величиной могут быть  $\dot{I}_1 (\dot{U}_1)$  или  $\dot{I}_2 (\dot{U}_2)$ ]. Назовем эту величину «полным коэффициентом трансформации» или «коэффициентом трансформации в комплексном виде». Модуль ее  $u$  называют просто «коэффициентом трансформации», а фазный сдвиг  $\delta$  — «угловой погрешностью» или «угловым сдвигом» трансформатора.

Комплексную величину  $u_x$  можно также выражать следующим образом:

$$u_x = u (\cos \delta - j \sin \delta) \approx u (1 - j \sin \delta). \quad (2)$$

Суждения, насколько истинный коэффициент трансформации отличается от номинального  $u_{xn}$ , определяют его относительную величину. В английской и американской практике употребляют коэффициент, который комплексно можно представить так:

$$k_x = \frac{u_x}{u_{xn}} = \frac{u}{u_n} e^{-j\delta} = k e^{-j\delta}. \quad (3)$$

Величина  $k = \frac{u}{u_n}$  называется «поправочным коэффициентом» или, как это принято в практике многих стран, — «отношением» (ratio);  $\delta$  называют «фазным сдвигом».

Английская практика судит о величине ошибки относительной погрешности. В комплексном виде угол  $\delta$  положительным при опережении  $I_2 (U_2)$ .

Виде погрешность коэффициента трансформации будет:

$$\Delta u_x = \frac{u_{xn} - u_x}{u_x} = \frac{u_{xn}}{u_x} - 1 = \frac{u_n}{u} e^{+j\delta} - 1 \approx$$

$$\approx \frac{u_n - u}{u} + j \frac{u_n}{u} \sin \delta = \Delta u + j \frac{u_n}{u} \sin \delta$$

или с достаточной для практики точностью:

$$\Delta u_x = \Delta u_x + j\delta. \quad (4)$$

Назовем  $\Delta u_x$  «полной погрешностью коэффициента трансформации» или «погрешностью трансформации в комплексном виде»;  $\Delta u$  — «относительная погрешность коэффициента трансформации» обычно выражается в процентах, а  $\delta$  — «угловая погрешность» дается в минутах.

Некоторое удобство представляет упрощенный метод изображения выражения<sup>2</sup> (4):

$$\Delta u_x = \Delta u \% / \delta'. \quad (5)$$

Между методами (3), (4) нет принципиальных различий; оба они эквивалентны, и переход от одного способа изображения к другому может быть произведен без труда. Угловая погрешность в обоих случаях одинакова. Следует лишь отметить то преимущество способа поправочного коэффициента («отношение»), что в этом случае нет необходимости указывать знак ошибки. С другой стороны, выражение отклонения в виде погрешности в процентах короче, имеет меньше значащих цифр и поэтому легче для восприятия и запоминания. В этом нетрудно убедиться, сопоставив, например, погрешности: 1,00035 и эквивалентную ей 0,035%; 0,99965 и 0,035%. Кроме того, при указании пределов погрешностей в странах, где применяется первый способ, приходится также прибегать ко второму способу изображения; действительно, вместо 1,00035÷0,99965 значительно проще написать  $\pm 0,00035$  или  $\pm 0,035\%$ .

Конечно, большое значение имеет привычка к тому или другому способу изображения, но, принимая во внимание сказанное, необходимо второй метод считать более рациональным.

Присвоение положительного знака угловой погрешности при опережении вектора  $I_2 (U_2)$  является неудачным с точки зрения формул (1)–(3), так как при положительном сдвиге выражения эти имеют отрицательный знак перед  $\delta$ . Для формулы же (4) этот способ выбора знака угла удобен.

<sup>2</sup> Этот способ изображения комплексной величины принят в английской и американской практике ( $\Delta u / \delta$  эквивалентно  $\Delta u e^{+j\delta}$ ).

Интересно параллельно отметить, что методы проверки трансформаторов могут быть разделены на два основных типа: 1) непосредственного определения  $u$ , или отношения  $k$ , и 2) непосредственного определения  $\Delta u$ .

Первые методы мы называли методами непосредственного измерения отношения, а вторые — дифференциальными. Следует указать, что дифференциальные методы в последнее время приобретают преимущественное применение.

Способы определения угловой погрешности во всех методах имеют общий принцип: так или иначе измеряется реактивная составляющая разности двух напряжений, равных или пропорциональных токам или напряжениям трансформатора.

В стандартах ОСТ 7656 и 8235 введены еще понятия «погрешность тока» и «погрешность напряжения». Фактически они представляют собой ту же погрешность трансформации, так как определяются, например, для погрешности тока, как

$\Delta I = \frac{I_2 u_n - I_1}{I_1}$ . Эти понятия взяты из немецких норм, куда они были введены из-за неверного определения погрешности коэффициента трансформации как отношения  $\frac{u - u_n}{u_n}$ .

Мы считаем излишним вводить эти добавочные определения по следующим соображениям:

1. Во всех расчетах и анализах соотношения между первичной и вторичной величинами транс-

форматора выражают через коэффициент трансформации и лишь в данном случае первичные и вторичные величины введены непосредственно.

2. Определение отклонения трансформации идеального через  $\Delta u$  — универсально одинаково для обоих видов измерительных трансформаторов (в противоположность погрешности тока и напряжения, относящихся только к соответствующим трансформаторам).

3. По величине эти погрешности, как уже сказано выше, представляют ту же погрешность коэффициента трансформации

$$\left( \frac{I_2 u_n - I_1}{I_1} = \frac{u_n - \frac{I_1}{I_2} u}{\frac{I_1}{I_2} u} = \frac{u_n - u}{u} = \Delta u \right).$$

В заключение мы считаем необходимым отметить, что длинный термин «полная погрешность коэффициента трансформации» целесообразно заменить сокращенным: «погрешность трансформации», и присвоить ему символическое начертание в виде (4) или (5).

При таких терминологии и способе изображения, например, вместо того, чтобы писать: «трансформатор имеет погрешность коэффициента трансформации +0,35% и угловую погрешность +11'», достаточно написать: «погрешность трансформации  $\Delta u_x = 0,35\% + j15'$  или  $\Delta u_x = 0,35\% / 15'$ ».

## Биспиральные лампы накаливания

Г. Л. Баяшинский

Московский Электромонтажный институт  
им. В. В. Куйбышева

Во второй половине 1935 г. на заграничном рынке появились лампы накаливания новой конструкции, так называемые биспиральные, со значительно повышенной световой отдачей и пониженными габаритными размерами. В отличие от обычных газополных ламп со спиральной нитью, в этих лампахкалильное тело выполнено в виде дважды спирализованной нити (рис. 1), что дало возможность значительно сократить длину спирали, а следовательно, понизить тепловые потери на теплопроводность и конвекцию газа.

Идея придания калильному телу такой формы была запатентована еще в 1914 г. фирмой Вестингауз (Америка), однако она не могла быть реализована вследствие имевшего места большого провисания вольфрамовой нити при такой конструкции калильного тела и обнаруживавшегося короткого замыкания отдельных участков спирали, влекущего за собой преждевременное

перегорание нити<sup>1</sup>. Лишь после долгих работ, связанных с изучением изменения структуры спирализованной проволоки под действием высокой температуры и получением двойных спирал, обеспечивающих необходимую жесткость, устойчивость формы спирали, стало возможным массовое производство биспиральных ламп нормальных осветительных целей.

Наряду со снижением тепловых потерь на теплопроводность и конвекцию газа и, следовательно, увеличением световой отдачи, сокращение длины спирали позволило также уменьшить число крючков, поддерживающих нить. Это конструктивное изменение привело к снижению потерь тепла на теплопроводность крючков, что свою очередь дало еще некоторое дополнительное повышение световой подачи.

Помимо более высокой световой отдачи биспиральных ламп по сравнению с односпиральными большим преимуществом являются их пониженные габаритные размеры.

При калильном теле в форме двойной спирали

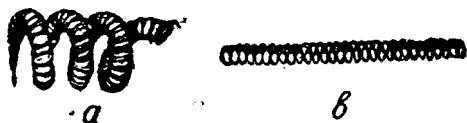


Рис. 1. а — биспираль, б — обычная спираль

<sup>1</sup> Некоторые специальные лампы — автолампы, кинолампы, самолетные лампы — заграничными фирмами давно частично выполнялись биспиральной конструкции, так для этих ламп применялась нить большого диаметра. Толстые нити обладают более устойчивой формой.

потока энергии, излученного внутренней поверхностью спирали, поглощается противоположными участками спирали. Применяемый для этой вольфрам обладает, как известно, не селективностью излучения. Его поглощая способность для световых излучений ничем для прочих излучений. Благодаря излучение внутренней поверхности как тела теряет выгодные свойства селективности и качественно приближается к излучению черного тела. Этот отрицательный факт не снижает световую отдачу ламп, что компенсируется теми выгодами, которыми они раньше и способствовали повышению световой отдачи.

На рис. 1 приведено распределение энергии, потребляемой газополной односпиральной и биспиральной лампами мощностью 100 W.

Таблица 1

Распределение энергии	Односпиральная %	Биспиральная %
Световые излучения . . . . .	10	12
Тепло . . . . .	68	74
Потери тепла через теплопроводность стальных проводников и крючков . . . . .	3	2
Потери тепла через газ (теплопроводность и конвекция) . . . . .	19	12
Всего . . . . .	100	100

Из этой таблицы видно, что общая излученная энергия в биспиральной лампе увеличивается за счет понижения на 80% потерь тепла через газ и крючки. Световые излучения увеличиваются лишь на 20%. Однако и при таком повышении световых излучений уже значительно возрастает световая отдача и биспиральная лампа становится значительно экономичнее односпиральной.

Для отдельных сортов ламп повышение световой отдачи при переходе на биспиральную конструкцию будет различно. Объясняется это тем, что относительная величина тепловых потерь в газополных лампах накаливания понижается с увеличением мощности ламп, а так как при повышении световой отдачи у биспиральных ламп достигается в основном за счет снижения тепловых потерь, то и выгода от применения биспиральной конструкции ограничивается для ламп большей мощности. На рис. 2 указана для газополных односпиральных ламп зависимость тепловых потерь через конвекцию газа от мощности ламп.

Относительная величина тепловых потерь, как это видно из кривой рис. 2, понижается по мере увеличения мощности ламп. Тепловые потери относительно велики для ламп мощностью от 25 до 100—150 W, поэтому значительного эффекта от применения биспиральной конструкции можно ожидать именно для ламп этих мощностей. Естественно, что лампы малых мощностей от 10 до 40 W, выполняемые вакуумными,

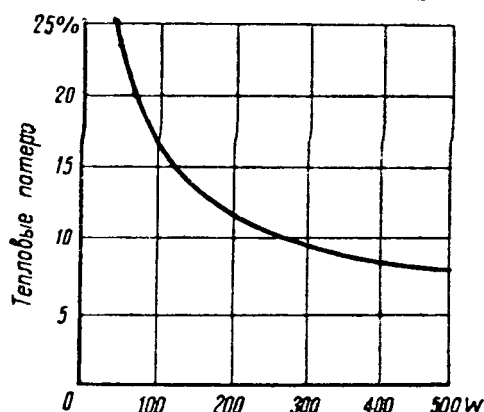


Рис. 2

не имеет никакого смысла изготавливать биспиральными, так как никакие потери через конвекцию газа в них не имеют места.

Для более эффективного снижения тепловых потерь через конвекцию газа и повышения световой отдачи биспиральные лампы следует наполнять высокопроцентным аргоном<sup>2</sup>.

Одним из существенных недостатков биспиральных ламп являлась возможность образования дуги между подводящими электродами, обычно имевшая место в момент перегорания ламп. В этом случае возможно расплавление электродов, разрыв ножки и колбы лампы, а также перегорание сетевых предохранителей. Образование дуги в биспиральных лампах объясняется близким расположением витков нити друг к другу. Чтобы избежать этого, один из электродов, ведущих к цоколю и выполняемых обычно из медной проволоки, стали выполнять из тонкой никелевой проволоки, перегорающей при силе тока 4—5 А и играющей роль местного предохранителя.

Биспиральные лампы под разными названиями выпущены уже многими зарубежными фирмами. В табл. 2 и 3 приведены данные этих ламп, заимствованные из литературных источников<sup>3</sup>.

Таблица 2

Напряжение V	Мощность W	Световой поток lm	Световая отдача * $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$	Повышение светового потока и световой отдачи по сравнению с односпир. лампами %
110	40	476	11,9	10
110	60	780	13,0	5
110	75	1030	13,7	4
110	100	1450	14,1	3
220	40	408	10,2	20
220	60	685	11,4	17
220	75	900	12,0	13
220	100	1280	12,8	9

\* Для удобства сравнения световой поток и световая отдача пересчитаны на международные люмены.

<sup>2</sup> Обычно лампы наполняются техническим аргоном, содержащим лишь 86% чистого аргона и 14% азота.

<sup>3</sup> ETZ № 42, 1935; Das Licht № 17, 1935.

В табл. 2 даны световые и электрические характеристики, а также подсчитан процент повышения светового потока и, следовательно, световой отдачи при неизменной мощности по сравнению с аналогичными односпиральными лампами.

Таблица 3

Лампы	Мощность W		40 W		60 W		75 W		100 W	
			длина		длина		длина		длина	
			мм	диаметр	мм	диаметр	мм	диаметр	мм	диаметр
Биспиральные . . .	98	60	105	65	113	70	120	75		
Односпиральные . .	115	60	122	65	130	70	142	75		

В табл. 3 приведены основные размеры ламп зарубежных фирм. Как видно из таблицы, биспиральные лампы зарубежных фирм выполняются в колбе одинакового диаметра с односпиральными, но имеют значительно меньшую длину.

При маркировке ламп, кроме напряжения и мощности, указывается и световой поток в люменах или декалюменах, который в односпиральных лампах обычно не указывался.

Британский стандарт 1936 г. на нормальные осветительные лампы накаливания предусматривает уже узаконенный выпуск как односпиральных, так и биспиральных ламп. Требования, предъявляемые стандартом к электрическим и световым характеристикам, а также размерам ламп как биспиральных, так и односпиральных приведены в табл. 4.

Таблица 4

Напряжение V	Мощность W		Световой поток lm		Световая отдача lm/W		Диаметр mm		Полная длина mm		Повышение световой отдачи у биспир. ламп по сравнению с односпир. %
	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	
220	40	40	345	410	8,6	10,2	60	60	110	110	19
220	60	60	610	690	10,2	11,5	65	65	117,5	117,5	13
220	75	75	820	910	10,9	12,1	70	70	125,5	125,5	11
220	100	100	1210	1320	12,1	13,2	75	75	137,5	137,5	9

Результаты измерения отдельных образцов биспиральных ламп разных иностранных фирм (Осрам — Германия, Филипс — Голландия, лампы Iris и Supervisseaux — Франция), произведенные в лаборатории Электролампового завода, даны в табл. 5.

У нас в СССР биспиральные лампы стали осваиваться впервые на Электроламповом заводе комбината «Электрозавод» в конце 1935 г. Уже в первом полугодии 1936 г. удалось для некоторых сортов ламп практически разрешить ряд принципиальных вопросов, связанных с получением специальных сортов вольфрама, выбором конструкции ламп и разработкой технологического процесса их массового изготовления. Во

Световой поток lm	Мощность W		Свет. отдача lm/W		Диаметр mm
	напряжение 110—130 V	напряжение 220—240 V	напряжение 110—130 V	напряжение 220—240 V	
300	27	32	11,1	9,4	50
650	49	56	13,3	11,6	55
1000	72	78	13,9	12,8	60
1500	100	110	15,0	13,6	65

втором полугодии 1936 г. начался выпуск новых партий биспиральных ламп в производственном масштабе.

В 1937 г. предполагается большую часть малых осветительных ламп мощностью от 30 до 100 W выполнять биспиральной конструкции.

Тарировка ламп выбрана по световому потоку, который принят одинаковым как для ламп 110—127 V, так и для ламп 220 V. Световая отдача ламп повышена по сравнению с световой отдачей односпиральных ламп (ОСТ 5154) на 11—25%. У ламп 110—127 V понижена мощность, а световой поток остался почти без изменения по сравнению с односпиральными лампами, считая некоторого его округления. У ламп 220 V мощность осталась почти без изменения, но повышен световой поток, который уравнивается со световым потоком однотипных по мощности ламп 110—127 V.

Размеры разработанных биспиральных ламп удалось понизить по сравнению с аналогичными односпиральными.

В табл. 6 приведены ориентировочные данные для биспиральных ламп, разрабатываемых в Электроламповом заводе, и для сравнения — данные современных односпиральных ламп, выпускаемых по ост 5154.

Табл.

Напряжение V	Мощность W		Световой поток lm		Световая отдача lm/W		Диаметр mm		Полная длина mm	
	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.	односпир.	биспир.
220	40	36	380	400	9,5	11,1	65	60	120	110
110, 120, 127	60	53	645	650	10,75	12,26	65	60	120	110
	75*	67	865	900	11,5	13,4	75	65	155	127
	100	92	1275	1300	12,75	14,13	75	65	155	127
	60	60	540	650	9,0	10,8	65	60	120	110
	75*	76	705	900	9,4	11,9	75	65	155	127
	100	104	1000	1300	10,0	12,50	75	65	155	127

\* Так как лампы мощностью 75 W не предусмотрены в ОСТе 5154, то значение светового потока и световой отдачи для них найдено путем интерполяции.

Цифры повышения световой отдачи у биспиральных ламп по сравнению с односпиральными лампами как это видно из табл. 6, не обнару-

последовательного снижения при перелампам большей мощности. Объясняется данным случае тем, что для некоторых ламп оказалось возможным частично по-световую отдачу независимо от преимуществ биспиральной конструкции, так как приении этих ламп односпиральными их светодача была занижена.

Лампы мощностью ниже 40 W и лампы 40 W 220 V выполняются у нас вакуумными, следовательно, применение для них биспирального калильного тела не дает существенных преимуществ. Лампы мощностью выше 100 W при выполнении их биспиральными уже не дают заметного эффекта в повышении световой отдачи и поэтому также себя не оправдывают.

## КОНЪЮНКТУРА МИРОВОЙ ЛЕКТРИФИКАЦИИ

### Электрификация США в 1936 г.

Б. Л. Эрлихман

Московский энергетический институт  
им. В. М. Молотова

Таблица 1

Годы	Суммарная выработка центр. электро- станций	В том числе	
		тепловые станции	гидростанции
1929 . . . .	91,42	59,03	32,39
1935 . . . .	93,66	56,07	37,59
1936 . . . .	105,83	68,74	37,09

Наиболее существенный вывод из анализа развития электрохозяйства США в истекшем году заключается в том, что докризисный уровень преден по большинству основных показателей.

Не только суммарная выработка электроэнергии (как в 1935 г.), но и потребление энергии промышленности превысили уровень 1929 г. (100%). Что же касается бытового и мелкомоного электропотребления, то оно значительно восходит предшествующий уровень. Выросли новые мощности, особенно по гидростанциям. Впервые выручка компаний общего пользования превысила докризисный уровень и т. д. Все же по ряду существенных показателей этот год прошел еще под знаком депрессии в электрохозяйстве США. Так, установленная мощность тепловых станций понизилась за 6 г. на всех станциях общего пользования на 100 MW, а темпы нового строительства незначительны по сравнению с ежегодным темпом капитального строительства за докризисное десятилетие. Коэффициент использования станций общего пользования все еще не достиг уровня 1929 г. Средние удельные расходы уже четвертый год не показывают заметной снижательной тенденции.

Ярко противоречивое развитие электрификации самой мощной капиталистической страны за пять лет после преодоления наиболее глубокого этапа кризиса.

#### Электробаланс

Рост выработки электроэнергии центральных электростанций представлен табл. 1 (в млрд. кВт.ч).

Под руководством и редакцией В. И. Вейц.

Эти и последующие данные, не оговоренные особо, главным образом, по материалам El. World, 1937, January 2. Выписка всех станций общего пользования (включая ж. д., фаб. и пр.) составляет 113,37 млрд. кВт.ч в 1936 г., или на 19% больше, чем в 1935 г.

Снижение удельного веса гидростанций объясняется как условиями водности (маловодный год), так и более быстрым ростом промышленного потребления энергии в районах тепловых станций.

Обращаясь к динамике среднемесячной и средне недельной выработки установок общего пользования, следует отметить нарастающую кривую производства энергии (рис. 1). Так, разность выработки соответствующих недель 1936—1935 и 1936—1929 гг. составила в январе 11 и 12% и в декабре достигла 14 и 22%. При среднегодовом приросте выработки в 13%, декабрь 1936 г. дает прирост на 17%.

Расходная часть электробаланса показывает, что прежний рост отпуска за счет бытовых потребителей, мелкомоторной и сельскохозяйственной нагрузки сменился ростом промышленной составляющей электробаланса. Две трети прироста потребления приходится на промышленность, потребление энергии которой выросло в 1936 г. на 19%, т. е. выше кривой среднего прироста (и на 11% превышает докризисный уровень). Сопоставление приведенных показателей с индексом промышленной продукции, остававшимся еще на 13% от уровня 1929 г., уясняет реконструктивные процессы, происшедшие в промышленности за годы депрессии.

Потенциальный коэффициент электрификации рабочих машин промышленности вырос с 80%

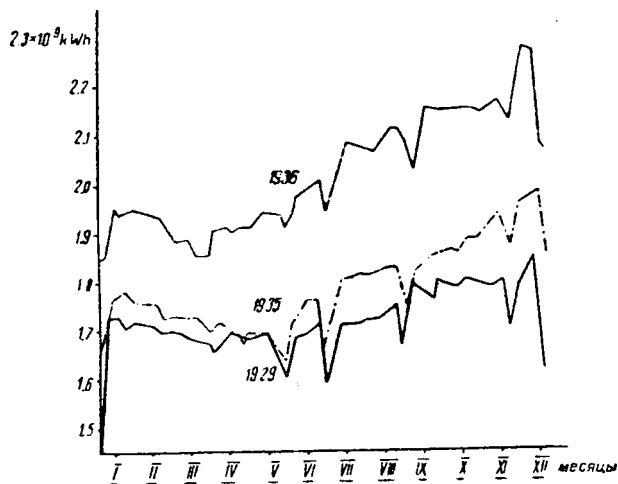


Рис. 1. Кривые недельной выработки электроэнергии центральными станциями

в 1929 г. до (ок.) 83% в 1936 г.<sup>3</sup> Отмечается также рост потребления энергии в электрометаллургии и других электроемких процессах.

Бытовое (и осветительное) потребление энергии, превысив уровень 1929 г. на 57%, не дает, однако, значительного прироста к предыдущему году. Количество потребителей достигло 21,6 млн. чел., а процент населения, охваченного электрическими сетями, вырос с 68 в 1929 г. до 70 в 1936 г., т. е. всего на 2. Ввиду перехода ко все менее состоятельным слоям населения самые оптимистичные перспективы не идут дальше охвата электросетями около 85% населения к 1947 г.<sup>4</sup>

Душевое потребление осветительной и бытовой энергии возросло за истекший год с 673 kWh, до 720 kWh. Прирост идет в значительной мере за счет роста электропотребления на бытовые нужды, о чем свидетельствуют также и данные о сбыте электрических бытовых приборов в 1936 г. (в млн. шт.):

Холодильники . . . . .	— 2,08
Стиральные машины . . . . .	— 1,5
Пылесосы . . . . .	— 1,14
Утюги . . . . .	— 0,18
Электроплиты . . . . .	— 0,32
Аккумуляторы горячей воды . . . . .	— 0,10

Если учесть, что к началу 1936 г. все количество электрических холодильников составляло около 6,54 млн. шт., аккумуляторов горячей воды — 0,32 млн. шт., электрических плит — 1,14 млн. шт.<sup>5</sup> и т. д., то надо признать дальнейшие значительные сдвиги в распространении электрических бытовых приборов. Из 17 млрд. kWh, потребленных в домашних хозяйствах за прошлый год, уже несколько более половины приходится на потребление бытовых приборов.

В последние годы разворачивается кампания за электрификацию другой группы мелких потребителей — фермерских хозяйств.

Форсируемая правительственными организа-

циями (REA) электрификация сельского хозяйства не привела до сих пор к значительным гам в охвате фермеров электросетями.

Количество электрифицированных ферм стигло в 1936 г. всего 1/7 от числа всех (около 900 000).

Общее потребление электроэнергии фермерами (на производственные и осветительные нужды) составило в 1936 г. (без ирригации) 650 млн. kWh.

По другим группам потребителей (электротранспорт, общественное освещение и др.) там не заметно существенных сдвигов за последние годы.

Изменения в расходной части суммарного ктробаланса показывают данные табл. 2.

Таблица

Годы	Всего отпущено центр. электростанциями (млрд. квт·ч)	В том числе %		
		пром. * потреб.	электриф. транспорту	коммун., бытовые, мелкомотор. потребителям
1929	75,29	58,7	7,5	33,8
1935	77,56	53	6,8	40,2
1936	89,78	54,7	6,4	38,9

\* Включая около 1,8% потребления энергии ирригационными установками.

По предварительным данным ввод новых мощностей по всем станциям общего пользования составил за 1936 г. 721 MW. При этом мощность гидростанций составил 490 MW, паровых станций — 212 MW, установок с двигателями внутреннего сгорания — 19,3 MW.

Введенные в строй мощности гидроцентралей включают 2 агрегата на Боулдер-Дам (82,5 MW), 100 MW — на Норрис-Дам и около 200 MW на частных установках общего пользования.

По паровым станциям следует отметить — турбогенератор (1-я очередь двухвального агрегата) в 60 MW на ст. Детройт-Эдисон и 25 MW на Канзас-Сити. Остальные 140 MW приходятся на целый ряд мелких и мельчайших станций. Таким образом в отличие от 1935 г. (Ричмонд, Порт-Вашингтон и др.) истекший год не ознаменовался вступлением в строй крупных паровых агрегатов.

Капиталовложения в электростроительство выросли почти на 40% за 1936 г., но все еще незначительны по сравнению с докризисным уровнем ежегодных вложений. Представляет интерес изменение структуры капиталовложений, иллюстрируемое рис. 2 (в процентах).

Легко видеть, что центр тяжести переместился от сооружения генерирующей мощности к строительству электросетей, обеспечивающих охват новых районов сбыта, улучшение использования и экономию в резерве при росте нагрузки. Характерно также, что ввод новых мощностей все еще в значительной степени осуществляется за

<sup>3</sup> По формуле советской энергетической статистики (В. И. Вейца). По американской формуле — около 85% в 1936 г.

<sup>4</sup> El. Light and Power, XII, 1936.

<sup>5</sup> The Electrical Review, 1936, p. 554 и 573.

расширения существующих станций. Так, новых мощностей составил

	1935	1936
	MW	MW
По существующим станциям . . . . .	263	226,1
По новым установкам . . . . .	123	495

фактический прирост установленной мощности гораздо ниже указанного выше прироста, что за счет демонтажа устаревших агрегатов. Об интенсивности обновления устаревших (obsolete) мощностей можно судить по следующим данным:

	1935	1936
Демонтаж мощностей на всех станциях общего пользования MW . . . . .	127	257

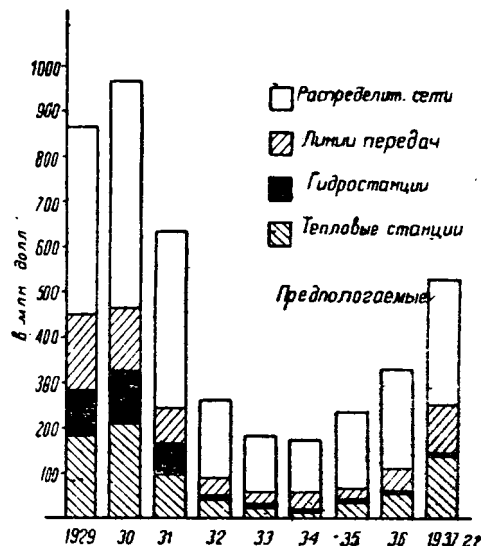


Рис. 2. Структура капиталовложений в электрохозяйство США (1929—1937 гг.)

Этот процесс, вероятно, значительно усилится с вводом новых генерирующих мощностей, доля устаревшего оборудования в электрохозяйстве весьма велика.

Как демонтаж производился лишь на тепловых станциях, то мощность последних к концу 1937 г. на 240 MW ниже тех же величин для 1932 г. Общая же мощность гидроэлектростанций значительно превышает уровень 1932 г. (на 680 MW). Абсолютные размеры генерирующего аппарата установок общего пользования<sup>6</sup> характеризуются следующими данными (табл. 3).

Среди основных показателей эксплуатации электрохозяйства (средних по всем станциям общего пользования) — коэффициента использования установленной мощности, к. п. д., расхода на собственные нужды и потерь энергии и др. — не следует о каких-либо существенных изменениях.

Среди использования установленной мощности всех станций общего пользования представлено на рис. 3.

Установленная мощность центральных станций составила в 1936 г. 34,47 тыс. MW. Данные о ней в 1935 г. уточнены в сравнении с опубликованными в «Электричестве» за 1936 г. Вместо уменьшения, показанного по предыдущим данным, 1935 г. дал некоторый прирост мощ-

Таблица 3

	1929 г.	1935 г.	1936 г.
Всего в тыс. MW . . . . .	31,95	36,13	36,6
В том числе:			
тепловые станции . . . . .	23,63	26,28	26,2
гидростанции . . . . .	8,32	9,85	10,4

Как суммарные коэффициенты использования, так и число часов использования гидроэлектростанций все еще ниже предкризисного. Кривые свидетельствуют также о стабильности уровня использования уже в докризисный период.

Производительность труда в электрохозяйстве продолжает возрастать. При росте его персонала на 40% за год, отпуск энергии вырос на 13%. Выработка электроэнергии на 1 занятого в электрохозяйстве составляла:

	1929 г.	1935 г.	1936 г.
10 <sup>8</sup> kWh . . . . .	317	377	397

Общее количество персонала во всем электрохозяйстве за 1929—1936 гг. уменьшилось на 22 тыс. чел. (так называемая «структурная» безработица).

Незначительные изменения в генерирующей мощности тепловых станций обуславливают вот уже 4-й год почти неизменную величину средних удельных расходов топлива на 1 kWh. С 1933 г. удельный расход колеблется от 0,693 до 0,689 kg/kWh. Вместе с тем на ряде передовых установок достигнуты рекордные мировые показатели. О разрыве средних и рекордных значений удельных расходов дает представление рис. 4 (в кг/выраб. квт-ч).

На ст. Порт-Вашингтон за первые 11 мес. эксплуатации при среднем коэффициенте нагрузки 0,5—0,65, средний удельный расход топлива составил 0,403 kg/kWh. ( $\eta = 30,5\%$ , а в августе 1936 г. даже—0,391  $\frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$  ( $\eta = 31,5\%$ ).

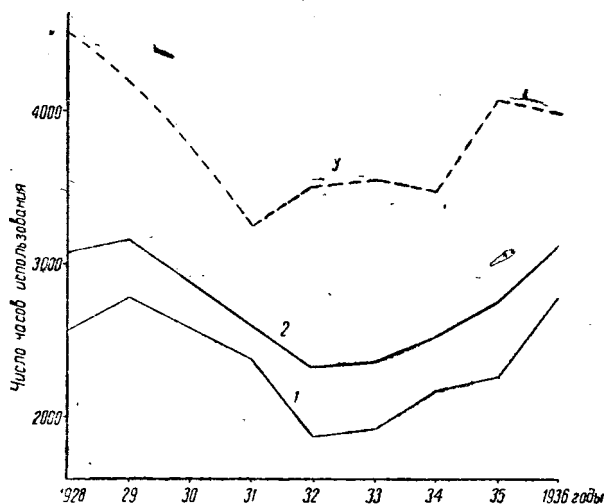


Рис. 3. Динамика использования установленной мощности станций общего пользования  
1—тепловые станции; 2—в среднем для всех станций; 3—гидростанции



Крупнейшие котлы и турбины, строившиеся в 1936 г.<sup>7</sup>

Таблица

Название станции	Название компании	Дата ввода в эксплуатацию	Котлы				Турбогенераторы			Примечания
			число	произв. водит. t/h	давление, ат	температура, °C	число	мощность MW	об/мин	
Вотерсайд	Нью-Йорк Эдисон Ко . . . . .	V 1937	2	227	99	483	1	50	3600	Противодавление 14 ат
Спрингдейл	Западнопенсильв. . . . .	XI 1937	3	227	90	502	1	50	3600	Противодавление 24 ат
Ривервилль	" . . . . .	XI 1937	2	143	87	490	1	25	3600	Противодавление 18 ат
Квиндари № 2 Виндзор	Канзас-Сити—муниц. . . . .	Конец 1937	1	68	32	398	1	30	1800	—
	Огайо и Запад. Пенсил. Ко . . .	—		Не намечено			2	60	3600	Противодавление 17 ат
Стейт-Лайн Фиск-Стрит	Чикаг. р-ная эл. Ко . . . . .	X 1937	3	227	93	454	1	150	1800	—
	Коммонвелдс Эдисон Ко . . . .	X 1937	2	170	90	487	1	30	1500	Противодавление 16 ат
Кагокиа	Объединение Ко Монсанта Иллинойс . . . . .	XI 1937	5	118	23	394	1	75	1800	—
			1	454	101	496	1	40	3600	Противодавление 14 ат
Логаи	Аппалачская Ко . . . . .	—	2	454	51	440	1	25	3600	—
Монтвиль	Коннектикут. Ко . . . . .	1937	2	170	97	483	1	42	—	Противодавление 17 ат
Миллерс-Форд Станция В	Дейтонская Ко . . . . .	1937	2	91	17	394	1	35	1800	—
Ст. Канал Ривер-Руж	Сан-Диего Консолидэйтэд . . .	1937	2	136	34	398	1	25	1800	—
	Луизвилль Газ. Ко . . . . .	—	2	409	88	483	1	110	1800	Противодавление 18 ат
	Форд . . . . .	1936—1937	1							

В технике американского электрохозяйства за годы кризиса и особенно за истекший год произошел ряд существенных сдвигов. Наряду с демонтажем устарелого и турбинного оборудования идет расширение существующих установок, их модернизация. Основная особенность вводимого в строй теплового оборудования — установка предвключенных турбин и котлов высокого давления в дополнение к существующему оборудованию низкого давления (так наз. «superposed turbine»).

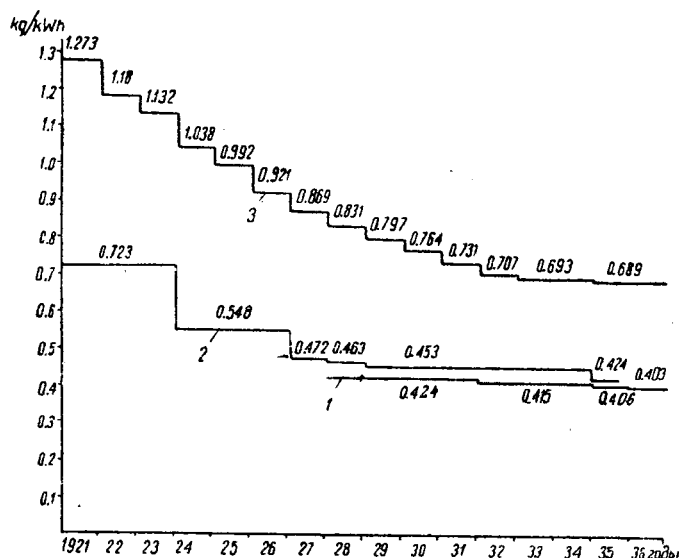


Рис. 4. Удельные расходы топлива по установкам общего пользования США. 1 — по станциям с ртутными циклами; 2 — по рекордным установкам; 3 — по всем станциям общего пользования

Характеристика крупнейших агрегатов, находящихся в постройке в 1936 г., дана в таблице.

От простого расширения установок и высокого давления с промежуточным перегревом (Э. Лэйк-Сайд, Порт-Вашингтон) все более перходят к высоким температурам начального нагрева пара и предвключенным турбинам. В уже установлено несколько котлов производительностью в 900—1000 Lb/h (409—454 t/h) Р<sub>1</sub>—88—100 ат<sup>8</sup> и t—около 500° (Логаи, вер-Руж, Ист-Ривер—570 t/h) и др. К в 409 t/h на Ривер-Руж (Форд) установлено площади, занятой прежде в 4 раза менее мощным котлом.

Можно констатировать переход к мощным турбинам на 3600 об/мин (Монтвиль, Виндзор, Логаи). Последние установки оборудованы воздушным охлаждением генераторов. Тенденция к уменьшению расхода меди приводит к повышению генераторного напряжения (до 22 кВ). В других отношениях генераторы эволюционировали слабо. Хотя считается возможным сокращение генераторов в 375 тыс. kVA, однако тенденция прокламирует: «trend away from larger units» считая укрупнение на данном этапе неэкономичным.

Обращаясь к новой мощности гидростанций следует отметить рекордную мощность введенных гидрогенераторов (82,5 MW на Бойлс-Дам) и турбин Каплана (2 × 66 MW для Бивильской гэс) и ввод мелких и средних авто-

<sup>7</sup> Эти и предыдущие данные по Power Pl. Engineer January, El. World, 1937, January, и 1936, 29/VIII.

<sup>8</sup> Стоимость 1 kg пара по американским данным снижается при переходе от котлов в 100 Lb/h к котлам в 1000 Lb/h на 50%.

ких гидростанций (Твин-Фоллс — 9,4 MVA<sup>9</sup>, Мазо — 1,7 MVA и др.).

Виги в технике высоковольтных передач высоковольтного оборудования (переход 7 kV и длине передачи в 425 km, рост мощностей масляных выключателей, автотрансформаторов в 65 MVA и т. д.) в значительной мере связаны с гидроцентральной Боулдер-Дам, уже охарактеризованной в специальной статье («Электричество» № 8, 1936).

Планировочная работа, имеющая целью снижение стоимости линий передач в сельскохозяйственных районах, продолжалась, ибо планы все еще считаются весьма дорогими для этих электрических компаний.

Как известно, последнее пятилетие (1930—1935 гг.) в электрохозяйстве ознаменовалось планами государственных планами комплексов гидростроительства, электрификации сельского хозяйства, проведения дальних электростанций и регулирования сбыта (TVA, NRA, и др.).

В истекшем году продолжалось строительство в эксплуатацию ряда государственных муниципальных гидроустановок (Боулдер-Норрис, Сиэтль, Боневиль и др.).

Однако повышающаяся кривая электроснабжения также конкуренция гидроэнергии новых станций с электроэнергией тепловых станций частных электрокомпаний — все это вело к усиленному наступлению частных компаний на «нецелесообразное» убыточное строительство, попытки регулирования тарифов, а энергии и т. д.<sup>10</sup>

В связи с противодействием компаний продающей энергии через их сети и слабыми перспективами сбыта энергии в пионерских и аграрных районах (Юг и Запад)<sup>11</sup> задержан пуск и строительство ряда станций Виллер Дам, Лассамакводи, и Кули).

Из намеченных на 1936 г. новых объектов мощностью в 617 MW в действительности вступило лишь 417 MW. С другой стороны, введено 100 MW мощности по станциям, не намеченным ранее.

Ниже приведены (рис. 2) показатели намечен-

ная мощность станции 13,5 MVA. Она регулируется п. Шотон-Фоллс, находящейся ниже на 6,4 km.

Ср. El. World, 1936, № 1, № 19, p. 60, № 40 и др. Power Engineering, 1937, January.

Considerable doubt exists in regard of these Government plans, World Power, 1936, XI.

ных капиталовложений в 1937 г. Предполагается резкое изменение соотношения мощностей вступающих гидро- и теплостанций. Вместо 68% от всей вступившей в 1936 г. мощности первые снижают свою долю до 25%. Соответственно изменяется и соотношение мощностей, вводимых государственными и частными организациями. Вместо 2,06:1 в 1936 г. это соотношение составит только 0,54:1 в 1937 г.

Несмотря на значительный рост вводимой мощности на электростанциях общего пользования (1,27 млн. kW вместо 0,72 млн. kW в 1936 г.), капитальное строительство не дает существенных сдвигов по сравнению с предыдущим десятилетием и остается на уровне ниже 1923 г. (55% от капиталовложений в электростанции в 1930 г.).

В новом строительстве все еще преобладает сугубая осторожность («a hand — to mouth — basis»).

Из намеченных к вводу новых мощностей отметим:

Боулдер-Дам . . . . .	165 MW	(муниципальная)
Бонневиль . . . . .	86,4	„ (федеральная)
Кагокиа . . . . .	75	„ (частная уст.)
Детройт Эдисон . . . . .	60	„ „ „
Вотерсайд (Нью-Йорк) . . . . .	50	„ „ „
Спрингдэл . . . . .	50	„ „ „

Ввод новых линий передач сравнительно с приростом в 1936 г. представляется в следующем виде:

	1936	1937
Питательных линий km . . . . .	2315	5150
Новая мощность подстанций тыс. kVA	787	1533

Продукция электромашиностроения должна возрасти с 1,19 млрд. долл. в 1936 г. до 1,5 млрд. долл. в 1937 г., причем по производственным электропечам рост составит 40%, термическим установкам — 50%, сварочным аппаратам — 40% и т. д.

Суммируя итоги за истекший год, можно констатировать, что электрохозяйство США в значительной мере преодолело полосу депрессии 1933—1935 гг. и вступило в период роста кривой производства энергии и капитального строительства.

Однако структура и темпы роста нового электростроительства, наличие значительных неиспользованных резервов мощностей, трудности в развертывании государственного гидроэлектростроительства и другие отмеченные выше моменты свидетельствуют о противоречивости повышающейся кривой электрификации.

## ПО ПОВОДУ СТАТЬИ ИНЖ. А. М. ИЛЬЕВСКОГО «ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СТОРОНЫ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ»<sup>1</sup>

Автор, определяя сопротивления двух параллельно включенных трансформаторов при коротком замыкании на стороне низкого напряжения одного из них, повидимому, складывал отдельно активные и реактивные сопротивления параллельных ветвей, что, исходя из основ теории переменных токов, недопустимо.

Например, предложенное в названной статье уравнение для двух параллельно работающих трансформаторов, если положить в нем

$$r_m + r_d + r_k = R_1; \quad r_m + r_k = R_2; \quad R_1 + R_2 = R,$$

имеет в комплексной форме вид:

$$Z = \frac{R_1 R_2}{R} + j(x_p + 0,5 x_m). \quad (1)$$

Однако в действительности сопротивление внешней сети, сложенное последовательно с сопротивлениями параллельно работающих трансформаторов и дуги, в общем виде будет

$$Z = Z_p + \frac{(Z_m + Z_k + Z_d)(Z_m + Z_k)}{Z_m + Z_k + Z_d + Z_m + Z_k}, \quad (2)$$

что после подстановки значений

$$Z_p = jx_p; \quad Z_m = r_m + jx_m; \quad Z_k = r_k; \quad Z_d = r_d,$$

последующей замены активных сопротивлений сокращенно через  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R$  и обычных преобразований дает:

$$Z = \frac{R(R_1 R_2 + x_m^2)}{R^2 + 4x_m^2} + j \left[ x_p + \frac{x_m(R^2 - 2R_1 R_2 + 2x_m^2)}{R^2 + 4x_m^2} \right]. \quad (3)$$

Как видим, полученное выражение (3) не имеет ничего общего с предлагаемым автором (1).

Но надо отметить, что при выводе уравнений для короткого замыкания допущена вторая принципиальная ошибка — через вольтовую дугу должен проходить ток всех параллельно работающих трансформаторов, а не только одного из них, как предположил автор. Так, для

<sup>1</sup> «Электричество» № 15, 1935.

двух трансформаторов нужно было бы написать уравнения (2) следующее:

$$Z = Z_p + \frac{Z_m + Z_k}{2} + Z_d.$$

По поводу применения разъединителей для отключения трансформаторов надо заметить, что рассуждения о незначительной разности потенциалов на дуге терять при отключении последнего из трансформаторов.

Кривые допустимого времени нагрева трансформаторов носят несколько неопределенный характер, так как не указал начальной температуры обмоток. Кроме предел 220° выбран произвольно. Согласно американским исследованиям<sup>2</sup> для старения обмоток важна не только средняя температура, но и время ее воздействия, следовательно, для крупных трансформаторов температурный предел должен был быть взят ниже, чем для мелких.

Все схемы защиты, предлагаемые автором (рис. 4), предусматривают питание постоянным током, что вряд ли целесообразно для неотвеченных подстанций, о чем идет речь. Кроме того, следовало указать, какой тип муляторов и метод заряда их автор предполагает применить в данном случае и соответственно ввести их стоимости в кривые рис. 7.

Цель статьи, как следует из выводов, удешевить стоимость подстанции. Так как автор в своих выводах соглашался на отключение защитой всех масляных выключателей, всех трансформаторов одновременно, то логически напрашивается мысль установки только одного общего масляного выключателя на выводе. На трансформаторах же могут быть установлены в этом случае лишь разъединители. Кроме того, в случае сетей с небольшими токами коротких замыканий порядка 50—60 mVA можно ограничить защиту трансформаторов предохранителями высокого напряжения повышенной разрывной мощности.

П. Г. Седов

<sup>2</sup> Montsinger V. M. and Dann W. M., Overloading power transformers, El. Engineering № 10, vol. 53, p. 1; Nichols L. C., Effect of overloads on transformer life, Engineering № 12, vol. 53, p. 1616.

## ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В связи с замечаниями инж. Седова по поводу нашей статьи приводим следующие пояснения.

1. Определение полного сопротивления цепи от генераторного узла до места к. з. производилось обычным приемом, указываемым различными авторами трудов, посвященных специально теории коротких замыканий, с точностью, достаточной для обычных расчетов.

2. Замечание о допустимости применения разъединителей со стороны низкого напряжения трансформатора непонятно. Здесь можно лишь еще раз указать на полную возможность установки разъединителей для указанных целей при условии соблюдения определенной последовательности операций при включении и выключении трансформаторов.

3. Построенные мною кривые допустимого времени нагрева трансформатора токами к. з. могут быть рассматриваемы как первое приближение в целях определения порядка величин. Имелась в виду, главным образом, постановка вопроса о возможности конструирования защиты на базе теплового режима трансформатора.

4. На схемах рис. 4, 5 и 6 знаки (+) и (—) указаны лишь для удобства чтения чертежа, схемы же допускают использование в равной степени постоянного и переменного тока. При экономическом сравнении различных схем в целях упрощения учитывались лишь дополнительные затраты, вызываемые этими схемами. Поэтому стоимость устройств для питания защиты должна быть включена в основные затраты, а не в дополнительные.

5. Цель статьи несколько неправильно понята инж. Седовым. Мною предлагалось не простое уменьшение затрат по подстанции, а рациональная схема защиты, при которой выдерживаются все необходимые технологические нормы и одновременно достигается минимум затрат. В связи с этим рекомендация автора применить общий масляный выключатель или предохранитель со стороны высшего напряжения не может быть принята. Наличие на подстанции масляных выключателей по числу трансформаторов создает определенную оперативную гибкость. К тому же при этом решается проблема электроснабжения предприятия не будет зависеть на должной высоте, так как при выходе из строя единственного для данной подстанции головного масляного выключателя подача электроэнергии потребителю прекращается.

А. М. Ильевский

\*\*\*

## ОТ РЕДАКЦИИ

Редакция считает замечания т. Седова вполне справедливыми. Их основательность не уменьшается от разжений автора статьи «Защита силовых трансформаторов со стороны низкого напряжения» т. Ильевского. Помещением настоящих писем редакция считает своим долгом.

## О НАЗВАНИИ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Настоящее время в русском языке отсутствует удовлетворительное название для конденсаторов, служащих для улучшения коэффициента мощности. Чаще всего их называют статическими конденсаторами в противоположность синхронным конденсаторам. Однако последний термин противоречит ОСТ 3886, называющему «масляную» питающую сеть реактивной мощностью, синхронным компенсатором, а не синхронным конденсатором.

Независимо от этого определение «статический» совершенно не характеризует рассматриваемого вида конденсаторов, так как статическими являются и парафиновые радиоконденсаторы, конденсаторы для связи по проводам высокого напряжения, и другие виды конденсаторов.

Проект ОСТ на конденсаторы для улучшения коэффициента мощности, разработанный Теплоэлектропроектом, предлагает называть их косинусными конденсаторами. Название это является существительным сокращением определения «конденсаторы для улучшения  $\cos \varphi$ ». Его нельзя признать удачным, тем более, что установка конденсаторов изменяет не только косинус, но и другие функции угла сдвига фаз. Во всяком случае «тригонометрических» названий более удачным было бы «синусные конденсаторы», так как конденсаторы дают составляющую  $P_i \sin \varphi$  реактивной нагрузки. Кроме того, в этом случае имела бы место аналогия с термином «силовые счетчики». Однако и это название нельзя рекомендовать.

В конструктивном отношении конденсаторы для улучшения коэффициента мощности лишь незначительно отличаются от других видов конденсаторов. Бумажно-масляный диэлектрик свойственен не только этим конденсаторам. Поэтому для рассматриваемых конденсаторов характерна не их конструкция, а та роль, какую они играют в электрических системах.

Основным отличием их от всех иных видов конденсаторов является то обстоятельство, что они служат генераторами реактивной энергии в установках сильного тока. По своей роли в электрохозяйстве они аналогичны другим генераторам и преобразователям электрической энергии: синхронным генераторам, силовым трансформаторам и т. д. Разница лишь в том, что конденсаторы вырабатывают исключительно реактивную энергию, а синхронные генераторы — частично реактивную и частично активную. Поэтому наиболее уместным названием для данного вида конденсаторов является «силовые конденсаторы».

Этот термин, с одной стороны, отражает наиболее характерную особенность данного вида конденсаторов и, с другой стороны, вполне удобен для пользования. Кроме того, он аналогичен другим терминам, например, «силовые трансформаторы». Его необходимо ввести в русский технический язык, заменив им все ранее применявшиеся термины.

Б. А. Поляков  
Электропром. Ростов н/Д

## В. И. ЛЕНИН ОБ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ. Партиздат ЦК ВКП(б), 1936, стр. 212.

Под гениальным руководством лучшего соратника и ученика Ленина, великого Сталина, СССР стал мощной передовой, технически оснащенной страной.

Сталинские пятилетки преобразили нашу родину.

Выполнены мудрые указания Ленина о том, чтобы «...пересестъ, выражаясь фигурально, ... с лошади крестьянской, мужицкой, обнищалои, ... на лошадь, которую ищет и не может не искать для себя пролетариат, на лошадь крупной машинной индустрии...»<sup>1</sup>. «Тогда и ускорение этого движения в свое время наступит такое, о котором мы сейчас и мечтать не можем»<sup>2</sup>.

Социализм в нашей стране стал фактом. Эта всемирно-историческая победа закреплена в Сталинской Конституции, принятой Чрезвычайным VIII Всесоюзным съездом советов. Новый основной закон страны социализма с предельной яркостью отразил то, «что уже есть, что уже добыто и завоевано» (Сталин).

Оглядывая путь, пройденный нашей страной, мы обращаемся к тем историческим документам, в которых изложены первые планы подготовки социалистического наступления.

Документы, в которых систематизированы извлечения из работ Ленина об электрификации и ее роли в народном хозяйстве СССР, изданы отдельным сборником.

В годы консолидации пролетариата в России (1890—1900 гг.) Ленин подготавливает создание революционной партии нового типа и разрабатывает теорию большевизма. Внимательно изучая развитие хозяйства в России на базе роста капиталистических отношений, В. И. обращает серьезное внимание на роль электричества. И тут же с присущей ему гениальной проникновенностью улавливает наиболее важные, наиболее ценные свойства электрической энергии, делающие ее самым сильным конкурентом всех других видов энергии.

«Может быть, — говорит Ленин, — электричеству суждено сыграть >роль, чем пару: делимость, проводимость, легкость двигателя и пр.»<sup>3</sup>. Более подробно преимуществ электрической энергии Ленин анализирует в полемике с Герцем.

С того времени прошло более 35 лет. Но и теперь специалисты-электротехники, перечисляя преимущества электрической энергии, почти ничего не могут прибавить к тому, что по этому поводу сказал в 1899—1901 гг. Ленин.

В. И. Ленин, как и в свое время К. Маркс и Ф. Энгельс, был на высоте современного ему уровня науки и техники. Ни одно сколько-нибудь

значительное событие в любой области техники не ускользало от его внимательного взгляда. Ясно видел связь электричества с передовой техникой. Он понимал, что капитализм является препятствием для развития производительных сил и для использования тех великих возможностей, которые таит в себе электрификация.

С наибольшей ясностью это выражено в статье «Одна из великих побед техники» по поводу опытов Рамсэя в области подземной газификации угля:

«Открытие Рамсэя означает гигантскую техническую революцию...»

«Переворот в промышленности, вызванный этим открытием, будет огромен.

Но последствия этого переворота для общественной жизни в современном капиталистическом строе будут совсем не те, какие были бы это открытие при социализме.

При капитализме «освобождение» труда миллионов горнорабочих, занятых добыванием, породит неизбежно массовую безработицу, быстрый рост нищеты, ухудшение положения рабочих. А прибыль от великого изобретения пойдет себе в карман Морганов, Рокфеллеров, Пушинских, Морозовых...»

«При социализме применение способа Рамсэя «освобождая» труд миллионов горнорабочих и т. д., позволит сразу сократить для всех рабочий день с 8 часов, к примеру, до 7, а то и меньше. «Электрификация» всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеничными, избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человеческого жилища. Электрическое освещение и электрическое отопление каждого дома избавят миллионы «домашних рабынь» от необходимости убирать четверти жизни в смрадной кухне.

Техника капитализма с каждым днем все больше и больше перерастает те общественные условия, которые осуждают трудящихся на наемное рабство»<sup>4</sup>.

Став во главе первого в мире государства диктатуры пролетариата, Ленин буквально на другой же день после свержения капиталистов и помещиков начинает думать о практическом применении электричества в восстановлении хозяйства и строительстве социализма в советской стране. Об этом он указывает в известном наброске плана научных и технических работ для Академии наук, составленном еще в 1918 г.

Только в 1920 г. после разгрома Колчака и Врангеля впервые возникла возможность перейти к хозяйственному строительству. Ленин с этого момента обращается к вопросам электрификации, и по

<sup>1</sup> Ленин. Лучше меньше, да лучше, т. XXVII, стр. 417.

<sup>2</sup> Ленин, т. XXVII, стр. 231—232.

<sup>3</sup> «Ленинский сборник», XIX, стр. 34.

<sup>4</sup> Ленин, Одна из великих побед техники, т. XVI, стр. 368—369.

живе создается комиссия — ГОЭЛРО — по разработке плана электрификации страны. ГОЭЛРО по существу был первым планом государственного строительства. Известно отношение Ленина к плану электрификации, разработанному комиссией ГОЭЛРО под председательством т. Кржижановского. Из вышесказанных материалов видно, как повседневно И. руководил работой ГОЭЛРО, вникая во все мелочи и в то же время давая основные руководящие указания по разработке плана. Нельзя ли добавить план не технический..., политический или государственный, т. е. задачи пролетариату?

Черно: в 10 (5?) лет построим 20—30 (50?) станций, чтобы всю страну усеять станциями на 400 (или 200, если не осилим больше) радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на нефти (примерно перебрать Россию с грубым приближением). Начнем де сейчас закупку необходимых машин и моделей. Через 5 (10?) лет сделаем Россию «электрической»<sup>5</sup>. В приведенном письме (от 23 января 1920 г.) Ленин дал, собственно говоря, основную идею ГОЭЛРО. Этот план явился, таким образом, прямой директивой Ленина. План ГОЭЛРО именно «перебрал» всю страну и наметил основные энергетические центры и схемы электрификации отдельных районов.

Ленин, однако, план электрификации не был только планом строительства районных станций. Он его рассматривал как план хозяйственного возрождения страны, как план построения социализма.

Всегда его высокая оценка и восторженные отзывы о плане электрификации. «План построения России на основах современной крупной промышленности мы имеем, — это план электрификации, разработанный научными силами»<sup>6</sup>.

По моему взгляду, это — наша вторая программа. «Без плана электрификации мы перейти к действительному строительству не можем»<sup>7</sup>.

Важный продолжатель дела Ленина, товарищ Ленин сразу оценил значение плана ГОЭЛРО. В своем письме к Ленину товарищ Сталин писал: «Восхитительная, хорошо составленная книга. Черский набросок действительно единого и действительно государственного хозяйственного плана без кавычек. Единственная в наше время попытка подведения под советскую программу хозяйственно-отсталой России действительно реальной и единственно возможной в нынешних условиях технически-производственной базы»<sup>8</sup>.

Товарищ Сталин тогда же вопрос осуществления плана ГОЭЛРО поставил конкретно, по-деловому.

Не терять больше ни одной минуты на раздумья о плане;

Начать немедленный практический приступ к делу»<sup>9</sup>.

<sup>5</sup> Ленин, XXIX, стр. 432.

<sup>6</sup> Ленин, XXVI, стр. 266.

<sup>7</sup> Ленин, XXVI, стр. 45.

<sup>8</sup> И. Ленин, Об электрификации, Письмо И. В. Сталину о плане электрификации. Март 1921, Издательство ЦК ВКП(б), 1936, стр. 24—25.

Эти слова были сказаны исключительно своевременно, так как вокруг плана ГОЭЛРО в то время развернулась острая борьба.

Против плана выступил прежде всего Троцкий. Это вполне понятно. План электрификации — план создания материально-технической базы социализма, — вытекавший из ленинско-сталинской теории построения социализма в одной стране, должен был встретить и не мог не встретить в Троцком злейшего врага так же, как сейчас СССР и рабочий класс всего мира имеют в его лице самого отъявленного врага и контрреволюционера.

В ряде своих заметок Владимир Ильич неоднократно уличал Троцкого как крайнего противника электрификации.

«Троцкий (против Гоэлро):

«Никакого Госплана у него нет»<sup>9</sup>.

Троцкий в своих выступлениях предлагал освободиться от идеи электрификации и даже доказывался до отрицания принадлежности Ленину замечательного лозунга — «Коммунизм есть советская власть плюс электрификация всей страны».

С другой стороны, против плана электрификации выступали правые. Рыков, передавая какие-то слухи об ошибках в плане ГОЭЛРО, предлагал не спешить с его утверждением. Против плана ГОЭЛРО выступали также Ларин, Осинский и Милютин.

Ленин записывает себе в блокнот:

«Дело затемняется»...

бюрократизм (Рыков)...

и литературщины

(Милютин, Ларин и Осинский)»<sup>10</sup>.

Об этих противниках плана ГОЭЛРО пишет в своем историческом письме товарищ Сталин:

«Помните прошлогодний «план» Троцкого (его тезисы) «хозяйственного возрождения» России на основе массового применения к обломкам довоенной промышленности труда неквалифицированной крестьянско-рабочей массы («труд-армии»). Какое убожество, какая отсталость в сравнении с планом ГОЭЛРО! Средневековый кустарь, возмнивший себя ибсеновским героем, призванным «спасти» Россию сагой старинной... А чего стоят десятки «единых планов», появляющихся то и дело в нашей печати на позор нам, — детский лепет приговоришек... Или еще: обывательский «реализм» (на самом деле маниловщина) Рыкова, все еще «критикующего» ГОЭЛРО и по уши погрязшего в рутине...»<sup>11</sup>.

Вспомним тот град насмешек, которым буржуазия и ее с. д. подголоски обрушились на первый пятилетний план, выдвинутый тогда, когда СССР уже восстановил в довоенных размерах свое хозяйство. Тем более понятны скептические отклики за границей на план ГОЭЛРО, появившийся в разоренной стране. «Можно ли вообразить более смелый проект в обширной и плоской стране с бесконечными лесами и неграмотными мужиками, с ничтожным развитием техники и с вымирающими промышленностью и торговлей» (Г. Уэллс «Россия во мгле»).

Такова была оценка плана ГОЭЛРО, данная

<sup>9</sup> «Ленинский сборник», XX, стр. 111.

<sup>10</sup> «Ленинский сборник», XX, стр. 21.

<sup>11</sup> См. сноску 8.

Г. Уэллсом, представителем мещанских, мелко-буржуазных кругов Запада, неспособным понять творческие силы революционного народа.

Действительность жестоко посмеялась над Уэллсом и подобными ему пророками.

Первые шаги в области электрификации были сделаны при жизни Ленина и под его непосредственным руководством. При Ленине начались практические работы по сооружению первенцев советской электрификации: Шатурской, Каширской, Волховской, Уткиной — Заводы (ныне «Красный Октябрь») и других электростанций. Медленно началось осуществление плана электрификации «...как ни мучительно медленно идет вперед электрификация у нас, а все же она идет вперед»<sup>12</sup>.

Особый интерес представляет раздел VII сборника, где даны материалы, показывающие, как Ленин непосредственно оперативно руководил осуществлением электрификации. В этих документах мы чувствуем ленинский стиль работы и руководства. Ленин в многообразии сложнейших государственных дел не забывает о повседневных текущих делах отдельных строек. Его занимают заказ турбин за границей для Каширстроя, отпуск

для этого строительства брезентовых палаток, вопрос о начале строительства Иваново-Вознесенской станции и многие мелкие заботы о деталях о повседневных нуждах строительства. Здесь вопросы жилищного устройства рабочих, и вопросы об их снабжении, и меры борьбы с бюрократизмом и волокитой в строительстве станций.

В сборнике сосредоточены замечательные документы нашего исторического прошлого, имеющие для нас и сейчас исключительно актуальное значение. Изучать историю первых шагов нашего хозяйственного строительства и изучать по первоисточникам, по работам Ленина и Сталина, заниматься с методом и стилем работы наших вождей с их подходом к решению важнейших исторических задач — насущная необходимость для работников самых различных отраслей: хозяйственников, инженеров, стахановцев, партийных работников, вузовской молодежи и т. д.

«Можно читать эти документы еще десятки и поражаться и радоваться тому, как в ожесточенной гражданской войны и интервенции в тоды разрухи, нищеты и голода, как Ленин и Сталин начертали план преобразования нашей страны» (из доклада тов. Орджоникидзе на Кабрьском пленуме ЦК ВКП(б) 1935 г.).

М. И. Цейтлин

<sup>12</sup> Ленин, XXVII, стр. 21.

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ НЕМЕЦКО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ.** Составил М. А. Чернышев под ред. проф. К. А. Круга и инж. А. Е. Чернухина. М. ОНТИ. Главная редакция технических энциклопедий и словарей. 1936, 685 стр., 20 000, 5 руб. (с переплетом)\*

Отраслевых технических словарей в мировой литературе, вообще говоря, не так много. Словарь Питмана на семи языках сильно устарел; словарь Шломанна на шести языках даже в последнем издании тома „Электротехника“ тоже несколько отстает от современности и требует переработки; словарь на шести языках международной электротехнической комиссии (МЭК), недавно изданный и в СССР в виде предварительного проекта, представляет собой шаг вперед и имеет несомненный интерес.

К сожалению, составитель рецензируемого словаря М. А. Чернышев словарем МЭК не пользовался, но зато широко использовал, например, немецко-русский технический словарь, составленный Эрасмусом, содержащий много ошибок и искажений; составитель также пользовался рядом устаревших изданий, влияние коих чувствуется в связи с заметным числом устаревших, вышедших из употребления и ненужных для современной электротехники немецких слов и выражений.

Словарь содержит более 18 тыс. слов, относящихся в значительном большинстве к электротехнике и частично к смежным наукам — физике, химии, технологии, строительному делу, теплотехнике, сопротивлению материалов и пр. Возьмем на выбор, например, слова на букву В и S. Из 950 слов на букву В 81 слово не имеет отношения к электротехнике (т. е. около 10%) и могло быть опущено без всякого ущерба для целевого назначения словаря, например слова: Biegung, Bohrer, Braunstein и др. Зато в этом разделе на букву S отсутствуют некоторые нужные для электротехники и часто встречающиеся слова вроде blanker Leiter, Blindleistung, Blindleistungsmaschine, Bufferbatterie, Ballisolator, Bandbewicklung и др.

На букву S имеется 1930 слов. Из них также около 100 слов (т. е. 5%) вполне можно было бы опустить без ущерба для словаря как электротехнического; в то же время можно отметить отсутствие ряда распространенных слов, например следующих: Saitengalvanometer, Schaltbild, Schalterkessel, Schaltstück, Schaltweg, Scheinbar periodische Grösse, Schütz wand, Swinggrösse, Schwingpulenzähler, Schwingungsfreier Vorgang, Sinnsartige Wellengrösse, Skalares Produkt и др.

\* По материалам библиографического сектора Государственной научной библиотеки НКТП СССР. Печатается в сокращенном виде.

В дальнейшем после каждого цитируемого слова указываться в скобках номер страницы, на которой данное слово фигурирует; русский перевод, имеющийся в рецензируемом словаре, далее в каждом случае будет заключен в кавычки.

Все недостатки словаря могут быть разделены на следующие группы:

1) *Применение немецких терминов, не имеющих распространения в немецкой технической литературе.* К этой группе недостатков прежде всего нужно отнести совершенно неправильное наименование измерительных приборов (и это на всем протяжении словаря). Название измерительных приборов на всех иностранных языках является составным словом, состоящим из двух частей: первая часть содержит указание или наименование тех величин или единиц измерения, которых производится данным прибором; вторая часть слова обычно состоит из окончания meter — в немецком и английских названиях, mètre — во французском, metro — в итальянских и т. п., например Galvanometer, Ohmmeter, Photometer, Ampermetro.

В немецком языке иногда название измерительного прибора образуется несколько иначе, а именно: немецкое название измеряемой величины сочетается с немецким окончанием messer, например, Spannungsmesser, применяется наряду со словом Voltmeter, Lichtmesser наряду со словом Photometer и т. д. Однако смешение обоих методов составления наименований измерительных приборов в немецком техническом языке не имеет места, а практикуется иногда в монтерской разговорной речи, поэтому, например, названия Voltmesser или Spannungsmeter в литературе не имеют применения и являются неправильными.

Таковыми же неправильно составленными немецкими названиями измерительных приборов являются следующие: Bifilarelektrodynamometer (68) [но Bremsdynamometer (79) верно и Bremskraftmesser (80) — верно]; Bifilargalvanometer (70) [Blättchenelektromesser (70), Bunsenphotometer (85) и др.].

Наряду с этими неправильными придуманными немецкими названиями измерительных приборов в словаре имеется некоторое число правильных наименований, как, например, Beschleunigungsmesser (64), Betriebsleistungsmesser (66), Blindleistungsmesser (73) и др.

Кроме того, в словаре имеются следующие неправильные



в немецких терминах: Schlagwetterdichte Armatur (38), должно быть: Schlagwetersichere; наоборот, вместо Staubstichlampe (38) должно быть Staubdicht; вместо Bambuskohle (55) — «бамбуковая нить из бамбука» — должно быть Bambuskohlenfaden; вместо Bandschleife (56) — «круг изоляционной ленты» — должно быть Isolierbandschleife и т. д.

**Несоответствие ОСТ.** В предисловии указано, что в словаре звездочкой обозначаются те термины, которые не соответствуют соответствующим общесоюзным стандартам. В действительности составители не всегда правильно привели в словаре термины, сделанные в предисловии указания. Единица сименс (Siemens, 396) не принята ОСТ, но в словаре звездочкой. Единицы максвелл (386), герц (252), эрстед (429) и др. приняты ОСТ 5578, но звездочкой не отмечены.

Единица Gilbert (218) также принята ОСТ 5578; она в словаре не только не отмечена звездочкой, но и искажена; «Гильберт» составитель словаря именует ее «Жильбер». **Неправильный перевод на русский язык немецкого термина.** Приведем конкретные случаи, обнаруженные при том, что сделано беглым ознакомлении со словарем, которое и сделано; этим списком исчерпывается лишь малая часть терминов данного рода, но и этого достаточно для критики неблагополучия в словаре.

Beleuchtungsmessung (62) не «световые измерения», а измерение освещенности, как указано в скобках. Leuchtungsmeßgerät (62) — не «люксметр», а люксметр. Leuchten (71) — «глушить свет» — это по меньшей мере курьезный перевод; нужно «затенять».

Leuchtlampe (11) переведено «зондовая лампа», но такой лампы вообще не существует. Может быть это цистоскопическая лампа?

Schlussglass (12) — «стекло (прожектора)», должно быть «прожекторное стекло». Прибавление в скобках слова «прожектор» сделано произвольно. Прочитавший в словаре «стекло прожектора» может по ошибке считать, что речь идет об объективе, который также делается из стекла.

Minische Lichtausbeute (19) — «актиническое использование света», должно быть «световая отдача химически активной части радиации».

bedo (20) — перевод и формулировка неправильные, ставящие под сомнение достоверность немецко-русского словаря Эрасмуса. Нужно: коэффициент рассеянного отражения. Leuchtungskörper (62) применяется только в смысле «светильник».

Kabel (71) «свинцовый кабель», должно быть «освинцованный».

Wasserglocke (385) — «ламповый шар, колпак у матового стекла». Этот перевод неправилен, а вторая часть перевода «колпак у матового стекла» есть непонятный набор слов. Это «матовый колпак».

В некоторых случаях составитель словаря пользовался употребительными (даже несуществующими) русскими словами. Так например, слово «Карре» (289) он переводит на русский язык словом «каппа» вместо чехол, обложка, рубашка, колпак, кофуж и т. п. Вряд ли есть надобность вводить в обиход таких новых слов в русский язык.

**Устаревшие и вышедшие из употребления термины.** В словаре можно найти большое число явно устаревших терминов, с которыми теперь можно встретиться только при изучении истории электротехники. Совершенно нельзя найти в современной немецкой технической литературе, например, следующие слова (этим списком также не исчерпаны все устаревшие балласты, имеющиеся в словаре):

Leuchtampe (16), Ampel (21), Auslegerlampe (49), Baldachin

(56), Bischofsstabkandelaber (69), Flachdeckbogenlampe, Fixpunkt-lampe, Flurlampe (193), Jaminkerze (280), Jandusbogenlampe (280), Kerzenstunde (295), Ganznächtlige, halbnächtlige Lampe (343) и др.

То, что в словаре имеется так много устаревших (и забытых) светотехнических терминов, свидетельствует о том, что составитель не использовал ни одного современного источника, в частности, светотехнического словаря на шести языках, составленного М. В. Соколовым и П. И. Мартыновым (изд. 1931 г.).

**5. Прямые искажения и курьезы.** Наличие таких серьезных погрешностей, как прямые искажения, граничащие с курьезом, позволяет еще более обосновать общую невысокую оценку качества словаря. Обратимся к некоторым примерам.

Beleuchtungsoptik (79) — «оптика освещения». Непонятно, откуда взят этот несуществующий термин и дословно переведен. Что имеет в виду этот новый термин, нельзя понять.

Beleuchtungswert (62) — «коэффициент освещенности». Совершенно искажено, должно быть переведено как численная величина освещенности.

Breitstrahler (79); перевод дан такой: «ламповая арматура, направляющая свет так, как максимум излучения получает горизонтальное направление». Это малопонятное и вредное пояснение составителем взято дословно из словаря Эрасмуса и при этом без всякой критики. Нужно перевести «широкоизлучающий светильник».

Edelgaslampe (128) переведено: «лампа холодного свечения с инертным газом». Но ведь лампа с наполнением азотом (азот — инертный газ) не есть Edelgaslampe. Нужно: лампа с наполнением благородными газами (гелий, неон, аргон и др.).

Eisendrahtlampe (142) — «лампа с железной нитью», должно быть: железо-водородная реостатная лампа, а к немецкому названию должно быть прибавлено: «mit Wasserstoff-füllung».

Flächenhelle (189) — отнюдь не освещенность (грубая ошибка), а поверхностная яркость.

Flackerphotometer (190) — «мигающий фотометр». Искажено. Применяется только термин Flimmerphotometer Glühlampe mit Kopfspiegel (229). Искажено. Это не «лампа с зеркальной поверхностью спереди», а головная рудничная лампа. Hochvoltglühlampe (261), Mittelvoltglühlampe (401). Что это за новая классификация напряжений на высокое и среднее?

Horax-lampe (264) — так называет в своем каталоге второстепенная германская фирма (Шнейдер во Франкфурте) один из типов настольной лампы. Нужно ли это обобщать в советском техническом словаре? Сомнительно.

Kalorimetrischer Photometer (287) — «калориметрический фотометр». Это печальное недоразумение. Никаких «калориметрических» фотометров не существует. Существуют колориметры, т. е. приборы для цветковых измерений. Не это ли должно быть вместо калориметрического фотометра.

Karpenglimmlampe (289) — «лампа с электрическим свечением колпачкового типа». Если идет речь о «свечении колпачкового типа», то пока такого свечения не существует. Если идет речь о «лампе колпачкового типа», то таковой тоже не существует и т. д. и т. п.

**6. Невыправленные опечатки.** Ballistischer Galvanometer (55) вместо Ballistisches, Glasparabelspiegel вместо Glasparabolspiegel и др.

Приведенные недостатки, присущие словарю, делают его, по меньшей мере «второсортным» пособием для чтения иностранной литературы.

Л. Д. Белькинд

## ИТОГИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СИСТЕМЕ ГЛАВЭНЕРГО. М.—Л., Главная редакция энергетической литературы. 1936, 148 стр., 1000 экз., 4 р. 50 к.\*

Эта книга представляет собой сборник статей-отчетов о работе релейной защиты, достаточно подробно излагающих основные итоги эксплуатации релейной защиты за 1934 г. в крупнейших электросистемах Союза: Мосэнерго, Донэнерго, Горьковский энергокомбинат, Ленинэнерго.

Релейная защита, являющаяся мощным орудием борьбы

с авариями в электрических установках, имеет решающее значение для обеспечения бесперебойного снабжения народного хозяйства электроэнергией. Все возрастающая мощность систем и усложнение схем передачи и распределения электроэнергии создают немало трудностей в технике релейной защиты. В связи с этим освещение вопросов эксплуатационной практики релейной защиты в пяти крупнейших энергетических системах Союза является весьма актуальным.

По всем пяти системам приводятся итоги эксплуатации за 1934 г. с указанием основных видов защит линий, ге-

материалам Библиографического сектора Государственной научной библиотеки ВЦИК СССР



нераторов, трансформаторов, шин и собственных нужд станций.

Указаны недостатки отдельных видов защит. Даны сводные таблицы аварий и оценки действия защиты. Обсуждены пути дальнейшей рационализации и сделаны выводы по эксплуатации существующих видов защит за истекший период.

Из выводов отдельных авторов вытекает общая резкая критика некоторых линейных дистанционных защит, импортированных из-за границы. Дистанционная реактансная защита ВВС дает от 10 до 12% неправильной работы, большинство из них за счет дефектов самой защиты: ложно отключает при качаниях; имеет частые повреждения в части ртутных контактов; неточно замеряет реактанс петли при двойных замыканиях на землю; требует тщательного надзора и трудно регулируется.

Импедансная защита АЕГ в системе Мосэнерго дает до 19% неправильной работы. Основным недостатком является непостоянство характеристики, несогласованность ее с другими защитами, частый пробой конденсаторов.

Импедансная защита Пауль-Майер дает 23,4% неправильных отключений. К недостаткам относятся остаточные деформации биметаллических пластин после коротких замыканий при больших токах и проскакивание и застревание диска у нуля при сильных и резких снижениях напряжения.

Как хорошие линейные защиты отмечаются защиты французская CdC и американская СЕС.

В защитах генераторов и трансформаторов особенно велик процент неправильных отключений за счет влияния тока небаланса при сквозных к. з. Токи небаланса при сквозных к. з. и ударных токах включения трансформа-

торов доводят процент ложных отключений трансформаторов дифференциальной защитой до 50%.

Среди общего количества случаев неправильных защит значительное место занимают «невнятные» причины неправильного отключения защиты, что, впрочем, говорит о недостаточном анализе аварий.

Книга изложена просто и легко читается. Но фактический материал, к сожалению, мало иллюстрирован, хотя бы несколькими наиболее характерными примерами и анализа неправильной работы защиты и действий отдельных реле. Мало уделено критике отечественной аппаратуры для простых защит, что далеко не безынтересно также знать и для широкого круга читателей-релейщиков. Книга лишена ряда опечаток и несогласованности в терминологии, часто пострит в различных местах «установка» и «установка» тока.

Основным недостатком книги является слишком позднее ее появление перед широким кругом читателей. Из-за сдвиги, происшедшие в релейной технике за десятилетия со времени написания книги до ее выхода снизилась ее ценность. По той же причине в книге не приведен ряд новых защит; не приведены также и с применением уже освоенных дистанционных и релейных реле отечественного производства (реактансы серии ИР-100, импедансные — серии ИМ-50 и ИБ-50, балансное ЭВ и ряд других новых реле ХЭМЗ).

Приветствуя последующие издания подобных трудов, необходимо пожелать вместе с тем и наиболее строго их издания.

М. Ф. Костров и Н. И. Соловьев

## СБОРНИК «ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМ И БОРЬБА С НИМ», Издание Ленинградского института охраны труда, под ред. директора института проф. Шмерлинга, 99 стр., 11 табл., 27 рис.

Сборник Ленинградского института охраны труда по борьбе с электротравматизмом состоит из трех статей и библиографического перечня русских и иностранных книг и журнальных статей по электротравматизму.

Первая статья проф. Шмерлинга «Электротравматизм в ленинградской промышленности и борьба с ним» дает анализ материалов по электротравматизму, собранных и обработанных институтом по ряду предприятий ленинградской промышленности и по СССР за 1933—1934 гг. Статья устанавливает относительное снижение электротравм в 1934 г. сравнительно с 1914 г., но вместе с тем подчеркивает большой удельный вес этих травм в 1934 г. (смертельные случаи от электрического тока составляют 20% от всех смертельных случаев на производстве) и недостаточность изучения и борьбы с электротравматизмом.

Во второй, наиболее крупной статье сборника, проф. Петров останавливается на вопросах «О влиянии на организм электрического тока», где дается обобщение лабораторных работ Ленинградского института труда по изучению электротравматизма. В статье обсуждается механизм смерти от электрического тока, изменение состава крови, влияние тока низкого и высокого напряжения, влияние частоты, влияние повторных электрических травм и пр. Автор приходит к интересным и практически важным выводам относительно влияния разных факторов на эффект электрического удара. Подтверждая ряд ранее уже установленных хотя и оспариваемых некоторыми авторами положений (см. стр. 57) о большей опасности, например, тока высокого напряжения сравнительно с низким, меньшей опасности высоких частот и др., проф.

Петров в то же время устанавливает ошибочность некоторых утверждений, например, о влиянии устойчивости, казывая, что последняя сама по себе не играет существенной роли в уменьшении сопротивления организма. Некоторые же особые условия как потливость и изменение кожи играют решающую роль. Устанавливается, что при некоторых условиях (влажные кожные поверхности) даже напряжение переменного тока в 15—17 В (стр. 53).

Представляет интерес установление проф. Петрова двух типов людей по их реагированию на электрический ток: людей со средней и пониженной чувствительностью и людей с повышенной чувствительностью. Первые не могут самостоятельно отключиться от электрического тока при 28—30 В, в то время как менее чувствительные люди свободно отключаются при 70 и более вольтах.

В последней статье проф. Шмерлинг знакомит читателя с интересными докладами по электробезопасности, сделанными в июле 1935 г. в Брюсселе на VII Международном конгрессе по электротравматизму и профзаболеваниям.

В наше время, когда забота о кадрах стоит как важнейшая государственная задача, вопросы электротравматизма должны интересоваться не только специалистами, но и широкие круги техников и хозяйственников.

С этой точки зрения надо приветствовать выход сборника Ленинградского института охраны труда и желать скорейшего издания других имеющихся в этой области работ.

М. Н. Грановский

BOOKING. ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ. ETZ № 4, стр. 91—95, 1937.

Большое значение имеет чистота анодного алюминия. Обычный технический алюминий с содержанием серы до 0,4% — явно непригоден. Алюминий, изготовленный с особыми предосторожностями и имеющий до 0,01% серы, дает удовлетворительные результаты, но следует брать рафинированный алюминий, содержащий менее 0,001% серы (методом электролитической рафинировки по Hoopes довести содержание алюминия 99,995%). Для получения оксидного слоя на анодном алюминии можно использовать способ непрерывной формовки рулонной фольги или способ формовки отдельных анодов, нарезанных из фольги.

Этот способ формовки применяется при изготовлении «сухих» и «полусухих» конденсаторов. Для «сухих» конденсаторов этот способ целесообразно применять при суммарном выпуске не более 1000 шт. высоковольтных анодов. Способ непрерывной формовки имеет преимущество в меньшей затрате рабочего времени на каждый анод, а также в отношении лучшего использования генератора (постоянство нагрузки). Расход электроэнергии при непрерывной формовке на 20—25% выше; расходы по оплате также выше, чем при формовке отдельных анодов. Автор рекомендует применять непрерывную формовку при массовом производстве конденсаторов, особенно велик относительный удельный вес низковольтных

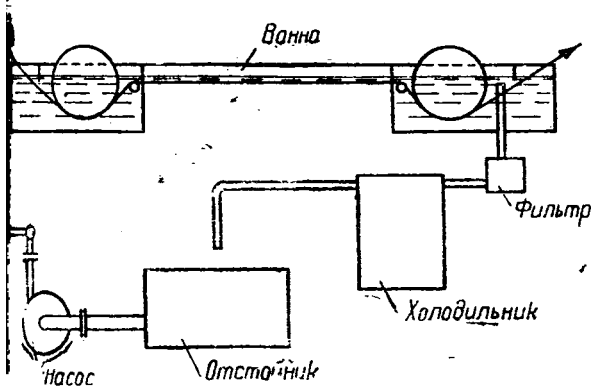


Рис. 1. Формовка анодной фольги по методу Бюкинга

типов. Для непрерывной формовки автором предложена специальная установка с длинной формовочной ванной и с циркуляцией электролита, предусматривающая изменение последнего (рис. 1). Эта установка позволяет снизить плотность тока на входе фольги в ванну. При формовке отдельных анодов автор рекомендует выводить электролит до температуры кипения.

В. Т. Ренне

LOHAUSEN, НОВЫЕ ВЫСОВОЛЬТНЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ СРЕДНИХ МОЩНОСТЕЙ ФОРМЫ НА. AEG Mitteilungen, N. 12, стр. 415, 1936.

Ввиду широкого применения за последние годы высоковольтными предохранителями HS на большие разрывные мощности фирма AEG выпускает сейчас более простые по конструкции предохранители средней мощности, предназначенные для маломощных сетей относительно небольшими токами к. з. Основные преимущества предохранителей HS, часто называемых быстровыключающими, заключаются в большом времени дуги, ограничивающей ток к. з., и в бесшумном перегорании вставок. В тех случаях, когда ток к. з. сам по себе достаточно велик, стрельба не вызывает большого шума, можно устанавливать более простые предохранители выхлопного действия. По перегорании возникающая внутри гильзы дуга повышает давление газа, устремляющегося с большой скоростью наружу и гасит дугу.

Недостаток этой конструкции — разрыв гильзы при слишком большом токе и длительное горение дуги при малом. Область возможного применения предохранителей этого типа показана на рис. 1. Левая граница ее соответствует длительной дуге, разрушающей оболочку, а правая — разрыву гильзы из-за чрезмерного давления и нагрева. При напряжении, например, 6 kV и номинальном токе в 50 А дуга погаснет только при 4—40-кратном рабочем токе. С увеличением напряжения рабочий интервал резко уменьшается, так как удлинение гильзы усиливает ионизацию и затрудняет, следовательно, гашение дуги. Обратное зажигание облегчается также резким увеличением тока через оболочку, проводимость которой круто возрастает с нагревом.

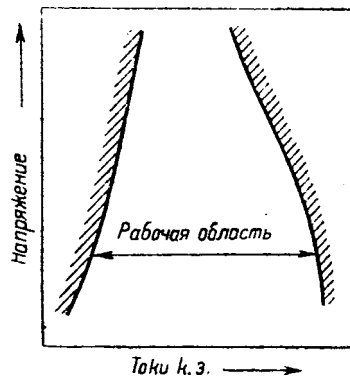


Рис. 1

По изложенным причинам простые предохранители выдувного действия в настоящее время не применяются. Некоторое распространение получили улучшенные варианты их: сложные предохранители из двух трубок разного диаметра, трубки с газовыделяющим наполнением, например борной кислотой, и трубки с фибровыми стенками.

Значительно лучше оказались эбонитовые гильзы. При нагреве их внутренней поверхности происходит интенсивное испарение. Образующиеся же в большом количестве относительно холодные пары устремляются наружу с большой скоростью и гасят дугу в течение одного полупериода.

На рис. 2 показан общий вид собранного предохранителя на 10 kV, 100 А и отдельной гильзы и вставки на 50 А. Как видно из рисунка, в верхний конец гильзы ввертывается болт, а в нижний туго зажимается коническая пробка, вылетающая наружу только при достаточном давлении образующихся внутри паров. Этим путем удалось многократно уменьшить минимальный ток размыкания.

Для уменьшения нагрева легко размягчающегося эбонита пришлось значительно увеличить диаметр гильзы. С этой же целью заменили тугоплавкие жилки из меди

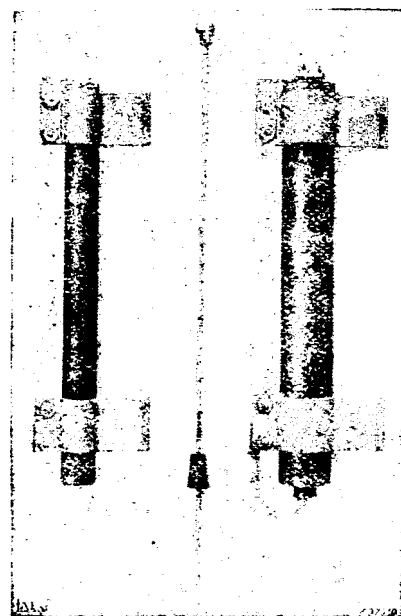


Рис. 2

или алюминия легкоплавкими, покрытыми тонким слоем хорошо проводящего металла.

При перегрузке или к. з. происходит быстрое плавление вставки в непокрытом месте. Установившиеся температуры отдельных частей предохранителя показаны на рис. 3.

Максимальный разрывной ток предохранителя НА — 8000 А при 10 kV. Гарантированные же разрывные токи: 4000 А при 10 kV, 3000 А при 20 и 2000 А при 30 kV. Для увеличения разрывной мощности можно включить параллельно несколько предохранителей. Ввиду малой толщины испаряющегося слоя (доли миллиметра) гильзу приходится менять не чаще чем после шести к. з.

Для селективного действия нужно, чтобы на пони-

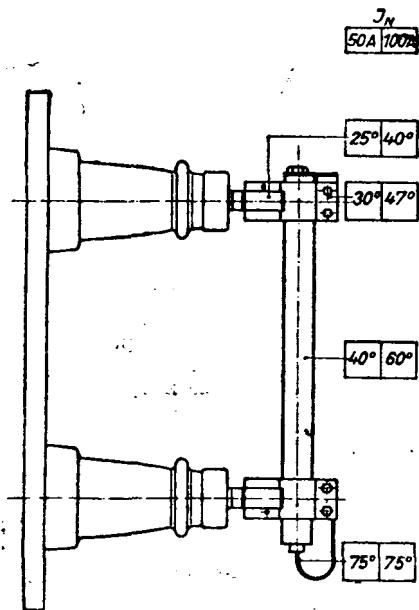


Рис. 3. 1, 5 — высоко- и низковольтная сети; 2 и 4 — НА и низковольтный предохранители; 3 — трансформатор

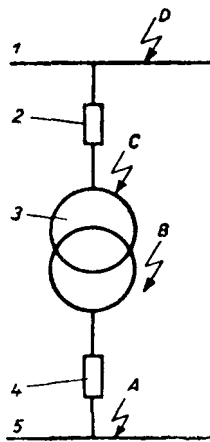


Рис. 4

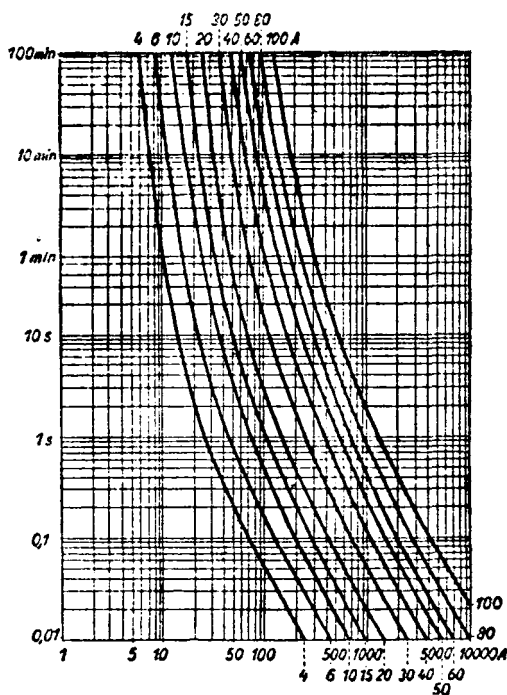


Рис. 5. Ампервременные характеристики предохранителей НА на токи 4—100 А

тельных подстанциях (рис. 4) сперва перегорают высоковольтные предохранители 4, так как большинство происходит на низковольтной стороне. При отключении предохранителей должны перегорать с обеих сторон. Полное перегорание высоковольтных предохранителей желательно только в случае аварий высоковольтной системы. Соблюдение этого условия влечет за собой лишнюю работу — замену низковольтных предохранителей ампервременных характеристик.

Из приведенных кривых в статье (рис. 5) видно, что предохранители НА имеют при к. з. относительно большую инерцию, чем низковольтные и в то же время относительно быстро перегорают при перегрузке.

Н. С. Ткач

#### ПРОВОДА ПИРОТЕНАКС. La Nature № 2974, 1937

Провода пиротенакс (Pyrotanax) представляют собой чрезвычайно интересную и оригинальную конструкцию. Они состоят из голых медных проволок, заключенных в металлическую трубку, которая заполняется чистым порошком жженой магнезии  $MgO$ ; при этом обжиме трубка равномерно заполняется излучением, обладающим хорошей теплопроводностью и весьма высокой теплоустойчивостью. Провода очень гибки и не разрушаются при ударах, так как плотная магнезия в достаточной мере пластична. Провода из  $MgO$  совершенно свободно выдерживают длительные перегрузки, почему описываемые провода часто применяются для прокладок в местах, особенно опасных в пожарном отношении. Для рабочего напряжения 500 В (пробойное напряжение при испытании до 2500 В) берется слой магнезийной изоляции толщиной 1,5 мм, для рабочего напряжения до 2000 В — 3 мм.

Б. М. Ткач

#### ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕЛЛОФАНА ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДОВ. Machinery № 12, стр. 781, 1936.

В статье дается описание успехов применения для изоляции проводов (обмоточной меди) прозрачной пластмассы типа целлофана (Cellophane), известной и ранее, в частности, широко применявшегося для изготовления небьющихся автомобильных стекол. Целлофан изготавливается толщиной менее 0,025 мм и употребляется для изоляции в виде узких лент (шириной от 6,3 мм); такими лентами обматывается подлежащий изолированию провод с применением подходящих связующих и покровных лаков. Применение целлофана вместо хлопчатобумажной пряжи дает возможность сокращения длины обмотки (примерно на 30%), уменьшения толщины изоляции, улучшения ее теплопроводности и повышения коррозионной стойкости.

Б. М. Ткач

#### ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ИТАЛИИ. Electric Railway Traction № 44, 5 февраля 1937, стр. 1.

К концу 1936 г. эксплуатационная длина итальянских государственных ж. д., работающих на электрической тяге, составляла 3241 км при общей длине электрифицированного одиночного пути свыше 5700 км. Эксплуатационная длина участков, электрифицированных трехфазным током пониженной частоты 3700 В, — 1662 км, трехфазным током нормальной частоты 10 000 В — 118 км, постоянным током 3000 В — 1389 км, постоянным током 750 В — 72 км.

Запроектирована и частично начата строительство электрификации наиболее загруженных участков ж. д. общим протяжением 1054 км, в том числе две главные магистрали Рим — Ливорно и Милан — Болонья. Из начатых строительством (по переоборудованию на электрическую тягу) участков значительную (суммарная эксплуатационная длина 650 км) в эксплуатацию в 1937 г.

Техническими достижениями итальянских ж. д. в области электрификации следует считать:

Завершение опытов со сверхскоростными объектами.

вагонными поездами на 3000 V, которых заказывались секции для нормальной эксплуатации в Италии.

Уменьшение норм перегрузки ртутных выпрямителей в подстанциях. Требуемая перегрузка 50% в течение 1 час и на 200% (тройная) в течение 5 мин. после работы под номинальной нагрузкой.

Выпрямители уже поставлены фирмой Эрликон электрических ж. д. Милан — Варезе.

Большой опыт применения ртутных выпрямителей со стороны сосуда на одной из подстанций электрической ж. д. Прачция — Сан-Марцелла — Пистойя.

Уменьшенное напряжение этих выпрямителей 1350 V, ах сделаны из специального молибденового стек-

В. А. Соловьев

## ЦЕННАЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ Ж. Д. Electric Railway Traction № 4, январь 1937, стр. 87

приводятся некоторые данные, относящиеся к электрической тяге, заимствованные из отчета Dawson, изданного им Институтом угля.

В сообщении, что на континенте имеется 1 mil главных путей, работающих на электротяге: большая часть их получает энергию от гидроэлектростанций, но значительно большее количество их от паровых силовых станций.

В качестве примера Пенсильванскую ж. д. как наиболее загруженную среди электрифицированных сравним допускаемые средние скорости при двух тягах: паровой — 71,4 mil/h (109 km/h) и электрической — 66 mil/h (117 km/h), Dawson уделит значительное внимание экономии угля при электрической тяге.

Электрификация главных линий позволила не только уменьшить количество потребляемого угля, изменить более низкие качеством сорта его, чего сделать при паровой тяге. Железная дорога Парулеан (Франция), которая в большей своей части электрифицирована, установила, что 1,0 Lb угля, потребленного на электрической станции, эквивалентен более чем более дорогого угля, требуемого и потребляемого паровозом. Электровоз при том же тяговом усилии как паровоз, а время, требуемое для ремонта его,

и, следовательно, стоимость последнего меньше, чем у того же паровоза. Средний вес электровоза составляет 100 Lb на 1 kW по сравнению с 210 Lb паровоза, и согласно германским данным один электровоз заменяет 2½ паровоза.

Германские ж. д. в 1929 г. потребовали 15 млн. t угля; в 1934 г. эта цифра уменьшилась до 12 млн. t, что составляет до 10% общего потребления угля в Германии.

Общая длина дорог Германии, предполагаемых быть электрифицированными в будущем, составляет 50% от общего количества ж. д.; требуемая ими мощность только на 35% будет удовлетворена гидростанциями. Это подсчитано, исходя из потребления 55 W/h на брутто тонно-милю; силовая станция, генерирующая энергию, будет потреблять соответственно 0,082 Lb угля на брутто-тонно-милю, что соответствует только 25% угля, требуемого паровыми локомотивами самой современной конструкции.

Уменьшение потребления угля, обязанное электрификации ж. д. в Австрии, Швеции, Швейцарии, Италии и Германии, составляет, как это видно из приведенной таблицы, почти 2 млн. t.

	Электрифицированные главные пути 1934/35 г.			
	процентное отношение к общей длине ж. д.	процентное отношение к длине электрифицированных дорог	количество потребленной энергии в миллионах kWh	годовая экономия угля, обязанная электрификации ж. д., t
Австрия . . . . .	15	22	147	470,000
Швеция . . . . .	40	80	350	270,000
Швейцария . . . . .	75	92	520	—
Италия . . . . .	35	—	460	680,000
Германия . . . . .	4	—	660	500,000

М. Д. Трейвас

Иль: ОНТИ

Главный редактор А. П. Александрова

М. Г. Башкова

РЕДАКЦИЯ: В. И. Вейц, М. Н. Грановская, Я. А. Климовицкий, Г. М. Кржижановский, И. С. Палицын, Н. А. Сазонов, М. А. Шателен, К. И. Шенфер, И. Г. Шипов.

Ответ редактор Я. А. КЛИМОВИЦКИЙ

Выход 14 III 1937 г. Подп. к печати 14/IV 1937 г. Стат. формат 26×233. Печ л. 6½. У а. л. 8,4, Печатн. зн. в листе 78 8.0.

Главл. Б-16702. 1-я Журнальная тип. ОНТИ НКТП СССР. Москва, Денисовский пер., 30. Зак. 633. Тираж 10610

Бологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

# ВНИМАНИЕ!

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

## II-й том „ЭТИ“

### Содержание вып. 4-го

Учет количества жидкости счетчиками Вольмана.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров в трубопроводах.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров в трубопроводах по перепаду давления.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров по перепаду давления, созданному посредством дроссельных органов.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров при помощи нормального сопла и нормальной диафрагмы.  
Измерение расхода жидкостей, газов и паров поплавковыми расходомерами.  
Измерение скорости водных потоков по методу засоления.  
Электрические методы измерения давления. Общий обзор.  
Измерение давления пьезоэлектрическим методом.  
Измерение давления методом индуктивности.  
Измерение давления методом емкости.  
Измерение давления на крошку режущего инструмента.  
Давление в жидкостях. Измерение давления в мощных масляных выключателях.  
Измерение переменных давлений. Снятие индикаторных диаграмм, быстроходных двигателей внутреннего сгорания методом емкости.  
Измерение вибраций машин электромагнитным вибрографом системы Броун-Бовери.  
Измерение на расстоянии горизонта открытых вод. Электрическая телепередача положения поплавка.  
Дилатометрический терморегулятор Сименс и Гальске с вакуумным выключателем.  
Регулятор Гартман и Браун с рычажными выключателями.  
Контактный (регулирующий) гальванометр Гартман и Браун с подающей дужкой.  
Контактный (регулирующий) гальванометр с подающей дужкой системы Ленинградского института пирометрии.  
Электрифицированные счетные операции. Непрерывное сложение и вычитание.  
Измерение сумм и разностей расходными и реостатными датчиками и логометрами.  
Поплавковые дифференциальные манометры с механическим извлечением корня в применении к измерению расхода.  
Вакууметр-кольцевые весы.

### Содержание вып. 5-го

Современные эталоны длины.  
Длина основной световой волны.  
Абсолютный метод интерференционного измерения плоско-параллельных концевых мер.  
Относительные методы интерференционных измерений плоско-параллельных концевых мер.  
Измерение штриховых мер длины.  
Меры длины.  
Винтовые микрометры.  
Компараторы штриховых мер длины.  
Штриховые меры длины.  
Базисный прибор Исдерина Гильома.  
Мерительные приборы механического индикаторного типа.  
Мерительные приборы оптического индикаторного типа.  
Мерительные машины.  
Линейные делительные машины.  
Круговая делительная машина Г. Гейде.  
Концевые плоско-параллельные меры длины.  
Гладкие калибры для измерения длин.  
Инструментальный микроскоп Цейса.  
Универсальный микроскоп Цейса.  
Проекционные приборы для измерения калибров и изделий.

### Содержание вып. 6-го

Измерение емкости.  
Измерение частоты.  
Измерительные приборы. Правила и нормы.  
Электроизмерительные приборы. Международные технические условия.  
Типовые испытания электроизмерительных приборов.  
Успокоение электроизмерительных приборов.  
Изоляция электроизмерительных приборов.  
Самопишущие приборы (преобразование диаграмм).  
Самопишущие приборы (способы записи).  
Самопишущие приборы (формы и свойства диаграммной бумаги).  
Самопишущие приборы (приводные механизмы).  
Самопишущие приборы (выпрямляющие механизмы).  
Самопишущие приборы с непрерывной записью.  
Дифференциальные гальванометры и их применение.  
Магнитоэлектрические логометры со скрещенными катушками.  
Электромагнитные аstaticеские приборы.  
Электромагнитные логометры.

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

## III-й том „ЭТИ“

### Содержание вып. 7-го.

Механические единицы. Системы.  
Измерение разностей температур термометрами сопротивления с переменности обеих температур.  
Электрические тепломеры.  
Механические тепломеры.  
Тепломер с падающей дужкой.  
Бытовые тепломеры для абонентов центральных отопительных сетей.  
Анализ топочных и дымовых газов.  
Определение содержания кислорода в газах путем измерения температуры.  
Измерение плотности жидкостей.  
Измерение плотности газов.  
Измерение плотности газов прибором Бунзена-Шиллинга. Методы и погрешности.  
Определение температуры плавления.  
Определение температуры затвердевания битуминозных веществ способом Гёпфера-Метугера.  
Измерительные правила и нормы.  
Измерительные приборы. Основные определения.  
Круговой экзаминатор.  
Уровни.  
Геодетический четырехметровый компаратор.  
Точные рычажные весы завода „Эталон“.

### Содержание вып. 8-го

Световые величины.  
Световые единицы.  
Световые величины и единицы.  
Световые эталоны и образцовые лампы.  
Относительная видимость.  
Основные законы фотометрии.  
Измерения разноцветных световых величин.  
Измерение силы света.  
Объективная фотометрия видимых излучений.  
Световые измерения помощью фотоэлементов.  
Измерение освещенности.  
Измерение яркости.  
Измерение светового потока.  
Спектральные световые измерения.  
Измерения коэффициентов отражения, пропускания и поглощения.  
Световые измерительные приборы.  
Переносные фотометры.  
Светомерные головки.  
Светомерные скамьи.  
Вращающиеся фотоаппараты.  
Приборы для измерения освещенности.  
Объективные светоизмерительные приборы.  
Объективные приборы для измерения освещенности.  
Распределительные фотометры.  
Светомерный шар.  
Приборы для измерения отражения, пропускания и поглощения.

### Содержание вып. 9-го

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

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

Заказы следует направлять по адресу: Ленинград, проспект 25 Октября, Внутри гостинного двора, пом. 100

Ленинградского отделения „Техперіодика“ ОНТИ.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

# ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

## ПЕЧАТАЮТСЯ НОВЫЕ КНИГИ

*Известия Энергетического института.* Том IV. Вып. 1. 15 печ. л. Ц. 10 руб. (ориентировочно).

*Известия Энергетического института.* Том IV. Вып. 2. 10 печ. л. 145 рис. Ц. 5 руб. (ориентировочно).

*Проблемы автоматики и телемеханики* в народном хозяйстве СССР (Труды Первой Всесоюзной конференции по автоматике, телемеханике и диспетчеризации). 30 печ. л. 183 рис. Ц. в пер. 16 руб. (ориентировочно).

*Энергетические ресурсы СССР* на 1935 год. В 2-х томах. Под общей ред. акад. Г. М. Кржижановского. Общий объем около 100 печ. л. Ц. в пер. за 2 тома 40 руб. (ориентировочно).

### Книги высылаются наложенным платежом

**ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ:** Москва 9. Проезд. Художествен. театра, 2 — Почтово-абонементному сектору Издательства Академии Наук СССР.

## ВНИМАНИЕ!



По всем вопросам неправильного и несвоевременного получения журнала, а также в случае получения дефектного экземпляра обращайтесь по адресу:

МОСКВА, 31, ПУШЕЧНАЯ УЛ., 9. ГЛАВНАЯ КОНТОРА  
„ТЕХПЕРИОДИКА“ ОНТИ

Бюро жалоб, тел. К 4-93-66.

# ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

## на 1937 год

## НА ЖУРНАЛЫ

### Вестник электропромышленности

12 номеров в год

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

### Вестник кочегара

12 номеров в год

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

### Гидротехническое строительство

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 30 руб.;  
на 6 мес. — 15 руб.;  
на 3 мес. — 7 р. 50 к.

### ДИЗЕЛЕСТРОЕНИЕ

12 номеров в год

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

### МАШИНИСТ

12 номеров в год

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

### Электрические станции

12 номеров в год

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

### ЛЕНИНСКИЙ ДНЕПРОГЭС

(на Укр. яз.)

12 номеров в год

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

### Бюллетень завода „Динамо“

12 номеров в год

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

### ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

24 номера в год

Подписная цена: на год — 36 руб.;  
на 6 мес. — 18 руб.;  
на 3 мес. — 9 руб.

### ЭЛЕКТРОМОНТЕР

12 номеров в год

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

### ЭНЕРГЕТИКА

4 номера в год

Подписная цена: на год — 16 руб.;  
на 6 мес. — 8 руб.

### Известия электропромышленности слабого тока

12 номеров в год

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

### СВЕТОТЕХНИКА

12 номеров в год

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

### Советское котлотурбостроение

12 номеров в год

Подписная цена: на год — 13 руб.  
на 6 мес. — 9 руб.;  
на 3 мес. — 4 р. 50 к.

### ТЕПЛО и СИЛА

18 номеров в год

Подписная цена: на год — 36 руб.;  
на 6 мес. — 18 руб.;  
на 3 мес. — 9 руб.

### Энергетическое обозрение выпуск электротехнический

12 номеров в год

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

### Энергетическое обозрение выпуск теплотехнический

12 номеров в год

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

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

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

### Адреса отделений:

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

6. Днепропетровск, проспект Карла Маркса, 84.
7. Ростов н/Д., ул. Энгельса, 79.
8. Новосибирск, Красный проспект, 17.
9. Сталино-Донбасс, 8-я линия, 28.
10. Тбилиси (Тифлис), проспект Плеханова, 83.
11. Одесса, ул. Ленина, 2.