

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

3

ГОД ИЗДАНИЯ 60-й

1939

МАРТ

НАРОДНОГО КОМИССАРИАТА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕННОСТИ и АКАДЕМИИ НАУК СССР

Адрес редакции: Москва, Бол. Калужская, дом 67, 1 этаж, комн. 144; тел. В 5-32-79

Адрес для корреспонденции: Москва, Главный почтамт, почтовый ящик № 648.

Дело Ленина—Сталина восторжествует во всем мире!

Взоры трудящихся всех стран обращались в дни исторического XVIII съезда Всесоюзной коммунистической партии (большевиков) к величайшей трибуне мира, к трибуне Кремлевского дворца. Миллионы друзей нашей партии с любовью прислушивались к словам, звучавшим с трибуны съезда. Ненавистью, злобой и страхом встречали эти слова наши враги.

Отчетный доклад ЦК ВКП(б), сделанный товарищем Сталиным, явился воплощением всей энергии партии и богатейшего опыта социалистического строительства. В своем блестящем докладе товарищ Сталин дал глубокий марксистско-ленинский анализ международного и внутреннего положения Советского Союза, задач внешней и внутренней политики, а также дальнейшего укрепления ВКП(б).

Мощным прожектором своего доклада товарищ Сталин осветил всю картину изъеденного кризисом и гниющего на корню капиталистического мира. Вторая империалистическая война, ведущаяся на громадной территории — от Тяньцзиня, Манчжурии и Кантона через Абиссинию до Гибралтара, втянувшая в свою орбиту свыше пятидесяти миллионов населения, стала фактом. На наших глазах происходит открытый передел мира, налицо производимый фашистскими государствами-агрессорами при попустительстве так называемых «демократических» государств, прежде всего Англии, Франции и США.

С убийственной иронией товарищ Сталин разоблачил попытки фашистских заправил ввести в заблуждение мировое общественное мнение своими «геометрическими формулами» осей и треугольников и неуклюже-шутовскими поисками членов Коминтерна в пустынях Монголии, в горах Абиссинии, в дебрях испанского Марокко.

Товарищ Сталин разоблачил политику неумелости, означающую подталкивание и поощрение агрессоров и представляющую большую опасность для захвата жара чужими руками.

Вместе с этим товарищ Сталин указал на основы советской внешней политики, направленной

к укреплению мира и неуклонно проводимой СССР в трудных международных условиях.

В своем замечательном анализе внутреннего положения Советского Союза товарищ Сталин дал ярчайшую картину роста промышленности и сельского хозяйства, дальнейшего подъема материального и культурного уровня народа и упрочения советского строя.

В нашей стране окончательно ликвидированы остатки эксплуататорских классов, создано морально-политическое единство советского общества, еще более окрепла дружба народов, пользующихся благами самой демократической в мире Сталинской Конституции. Прочность советского строя является надежной основой оборонной мощи страны.

«Это значит, между прочим, что в случае войны тыл и фронт нашей армии ввиду их однородности и внутреннего единства — будут крепче, чем в любой другой стране, о чем следовало бы помнить зарубежным любителям военных столкновений» (Сталин).

В девять раз выросла промышленность СССР по сравнению с 1913 г. Народный доход возрос с 48,5 млрд. руб. в 1933 г. до 105,0 млрд. руб. в 1938 г. Социалистическое зерновое хозяйство отпустило в 1938 г. на сторону около двух миллиардов и трехсот миллионов пудов товарного зерна, т. е. на один миллиард пудов больше товарного зерна, чем довоенное зерновое производство.

По темпам роста и по технике производства наша страна догнала и перегнала главные капиталистические страны.

Со всей силой товарищ Сталин поставил важнейшую народнохозяйственную задачу — перегнать и экономически главные капиталистические страны в течение ближайших 10—15 лет.

Товарищ Сталин привел в своем докладе следующий пример:

«Или еще: Англия произвела в 1938 г. 10 миллионов и 800 тысяч тонн стали и около 29 миллиардов киловатт-часов (производство электро-

энергии), а СССР произвел 18 миллионов тонн стали и более 39 миллиардов киловатт-часов. Кажется бы, дело у нас обстоит лучше, чем в Англии. Но если разложить все эти тонны и киловатт-часы на количество населения, то получается, что в Англии приходилось на каждую душу населения в 1938 году 226 килограммов стали и 620 киловатт-часов, тогда как в СССР приходилось всего 107 килограммов стали и 233 киловатт-часа на душу населения».

Наша страна обладает всеми необходимыми данными для того, чтобы в намеченный срок ликвидировать свое экономическое отставание и перегнать главные капиталистические страны.

Большое внимание уделит товарищ Сталин в своем докладе вопросу подбора, выдвижения и расстановки кадров, которые являются золотым фондом партии и государства. Любостью, заботливостью и чуткостью проникнуты указания вождя партии о росте и выдвижении молодых кадров. Обрисовав достоинства и недостатки старых и молодых кадров, товарищ Сталин указал на важность и значение драгоценного для каждого большевистского работника качества, которое выражается в чувстве нового. Потеря чувства нового — серьезный и опасный недостаток.

Товарищ Сталин подверг критике тех руководителей, которые ориентируются либо на старые либо на новые кадры.

«Следовательно, задача состоит не в том, чтобы ориентироваться либо на старые, либо на новые кадры, а в том, чтобы держать курс на сочетание, на соединение старых и молодых кадров в одном общем оркестре руководящей работы партии и государства».

Вопросы марксистско-ленинского воспитания кадров подняты в докладе товарища Сталина на огромную высоту.

Путеводной звездой для работников всех отраслей советской науки и техники являются слова товарища Сталина об овладении марксистско-ленинской наукой, изучающей законы развития общества.

«Выращивание и формирование молодых кадров протекает у нас обычно по отдельным отраслям науки и техники, по специальностям. Это необходимо и целесообразно. Нет необходимости, чтобы специалист-медик был вместе с тем специалистом по физике или ботанике и наоборот. Но есть одна отрасль науки, знание которой должно быть обязательным для большевиков всех отраслей науки, — это марксистско-ленинская наука об обществе, о законах развития общества, о законах развития пролетарской революции, о законах развития социалистического строительства, о победе коммунизма. Ибо нельзя считать действительным ленинцем человека, именующего себя ленинцем, но замкнувшегося в свою специ-

альность, замкнувшегося, скажем, в математику, ботанику или химию и не видящего ничего дальше своей специальности. Ленинец не может быть только специалистом облюбованной им отрасли науки, — он должен быть вместе с тем политиком-общественником, живо интересующимся судьбой своей страны, знакомым с законами общественного развития, умеющим пользоваться этими законами и стремящимся быть активным участником политического руководства страной. Это будет, конечно, дополнительной нагрузкой для большевиков-специалистов. Но это будет такая нагрузка, результаты которой окупятся лихвой».

Эти замечательные указания товарища Сталина дают большой толчок научно-теоретическому развитию наших кадров, помогают их политически закалке, вооружают их в работе по овладению большевизмом.

В своем докладе товарищ Сталин поставил крупнейшие вопросы теории, вопросы о государстве и интеллигенции.

Гениальный продолжатель дела Ленина товарищ Сталин разработал развернутую марксистско-ленинскую теорию государства, определил роль и значение социалистического государства и его органов при наличии капиталистического окружения. Учение товарища Сталина о государстве дает возможность покончить с недооценкой роли и значения механизма нашего социалистического государства и его разведки, вооружает нас в борьбе с шпионской агентурой капиталистических стран, с остатками разбитых вдребезги троцкистско-бухаринских агентов фашизма.

Товарищ Сталин дал непрезвзойденный анализ процесса формирования новой советской интеллигенции, тесно связанной с народом и готовой служить ему верой и правдой.

«Сотни тысяч молодых людей, выходцев из рядов рабочего класса, крестьянства, трудовой интеллигенции пошли в вузы и техникумы и, выйдя из школ, заполнили поредевшие ряды интеллигенции. Они влились в интеллигенцию, вливая в нее новую кровь и оживили ее по-новому, по-советски. Они в корне изменили весь облик интеллигенции по образу своему и подобию».

«Для новой интеллигенции нужна новая теория, указывающая на необходимость дружеского отношения к ней, заботы о ней, уважения к ней, сотрудничества с ней во имя интересов рабочего класса и крестьянства».

Доклад товарища Сталина на XVIII съезде ВКП(б) является программой великих работ партии и советского народа на предстоящие годы.

Мудрые слова любимого вождя народов нашей страны вызывают радость сердца трудящихся в их борьбе за торжество дела Ленина — Сталина, за победу коммунизма во всем мире.

Третья пятилетка и вопросы автотракторного электрооборудования

М. В. КРАВЧУК

Главэлектрпром

РАЗВИТИЕ индустриализации СССР связано с интенсивным ростом автомобильной, мотоциклетной и тракторной промышленности.

За годы сталинских пятилеток в нашей стране выросли гиганты автомобильной и тракторной промышленности.

Создан автомобильный завод в Москве — ЗИС, автомобильный завод в Горьком — ГАЗ, тракторный завод в Челябинске — ЧТЗ, в Харькове — ХТЗ, в Сталинграде — СТЗ, выросла огромная сеть смежных производств.

СССР занял одно из первых мест в мире по производству тракторов и автомобилей.

У нас не было тракторной промышленности. У нас она есть теперь.

У нас не было автомобильной промышленности. У нас она есть теперь». (Сталин).

Для оснащения автомобиля, трактора, мотоцикла необходимо электрооборудование, которое является их неотъемлемой частью.

При современном развитии техники конструкции автомобиля, трактора и мотоцикла не мыслятся без генератора, стартера, аккумулятора, магнето, фар, свечей и т. д.

Мощное развитие тракторизации в социалистическом сельском хозяйстве, рост выпуска автомобилей потребовали создания в СССР новой специальной отрасли электропромышленности по производству автотракторного электрооборудования.

Созданный несколько лет назад в Москве завод АТЭ-1 для изготовления генераторов, стартеров, магнето и т. д. имеет станочный парк высокого класса точности и конвейерное производство. Построен аккумуляторный завод в Подольске. Организован завод по производству электроосветительной аппаратуры в Киржаче и ряд других смежных предприятий.

В СССР заново налажен массовый выпуск автотракторных электроприборов, причем эксплуатационное испытание в течение ряда лет выявило их пригодность по основным характеристикам и конструкции.

Принятые XVIII съездом ВКП(б) тезисы доклада тов. В. М. Молотова о третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства ставят задачу завершения комплексной механизации сельскохозяйственных работ и организации регулярного движения автомобильного транспорта на автомагистралях, трактах и грузонапряженных подъездах к городам, железнодорожным станциям и водным путям. В третьей пятилетке автотранспорт должны быть увеличены в 4,6 раза, а производство автомобилей в 1942 г. должно возрасти на 200% к 1937 г. до 400 тыс. шт. в год. Производственная мощность автомобильной про-

мышленности должна будет возрасти почти в 2 раза.

В третьей пятилетке будет закончено строительство Горьковского и Московского автозаводов. Поставлена задача постройки завода малолитражных автомобилей, ряда новых автосборочных заводов, развертывания строительства новых заводов пружинных автомашин в Сибири и на Дальнем Востоке, а также ряда смежных предприятий автопромышленности.

Строительство профилированных дорог и автомагистралей, увеличение эксплуатационных скоростей автомобилей, ночная работа тракторного парка (ночной сев, ночная уборка хлеба и т. д.), требование безаварийности работы автотранспорта, в особенности связанное с оборонным значением его, — все это предъявляет серьезные требования к электрооборудованию автомобиля, трактора и мотоцикла.

Следует, однако, сказать, что, в то время как за последние годы многие автотракторные заводы страны произвели коренную реконструкцию, значительно увеличили свой выпуск, освоили новые марки автомашин, тракторов и мотоциклов, завод АТЭ-1 остался почти без изменений после своего пуска и в настоящее время не справляется с предъявляемыми к нему требованиями автотракторных заводов страны и гигантски выросшего автотракторного парка. Выпуск всего электрооборудования разобщен по разным ведомствам.

Становится очевидным, что между потребностью в электрооборудовании автотракторной промышленности и возможностью удовлетворения этой потребности существует разрыв, являющийся прямым и до сих пор не ликвидированным последствием вредительского хозяйничанья врагов народа, орудовавших в электропромышленности. Уничтожение этого разрыва есть совершенно неотложная задача.

Выпускаемые в настоящее время приборы автотракторного и мотоциклетного электрооборудования имеют немало дефектов.

В генераторах завода АТЭ-1 нередко происходят междувитковые короткие замыкания, зависящие от плохой пропитки якорей, наблюдается быстрая изнашиваемость коллекторов ввиду недостаточной твердости коллекторной меди, плохое качество щеток.

В стартерах завода АТЭ-1 происходят поломки пружин и срывы болтов, крепящих пружины привода Бендикса. Наблюдаются случаи вылетания секций якоря ввиду плохой чеканки якоря.

Особенно низко качество аккумуляторов (производство Подольского аккумуляторного завода). Аккумуляторные баки из пластмассы механически

непрочны и недостаточно кислотоупорны. Ольховая деревянная сепарация не обеспечивает надлежащего срока службы аккумуляторов.

Вырабатываемые в настоящее время автосвечи устарели. Изолятор свечи изготавливается из керамики, имеющей недостаточную механическую и электрическую прочность. Теплостойкость изолятора свечи неудовлетворительна.

Для двигателей тяжелого топлива — дизелей, для газогенераторных, а также для малолитражных двигателей, которые должны получить широкое распространение в третьей пятилетке, — специальных свечей не изготавливается.

Новым типам приборов автотракторного электрооборудования не уделяется необходимого внимания. Характерно, что предложенное инж. Копняевым новое магнето, несмотря на целесообразность его применения в ряде случаев, до сих пор не выпускается, и подготовка к производству этого магнето тянется слишком долго.

В будущем развитии автотракторного электрооборудования, несомненно, большую роль должны получить железо-никель-алюминиевые сплавы, которые по своей магнитной энергии и по коэрцитивной силе превосходят лучшие известные до сих пор кобальтовые сплавы. Железо-никель-алюминиевые сплавы дешевле кобальтовых сталей в 5—6 раз и изготавливаются из отечественного сырья. Эти сплавы дают возможность создавать новые компактные машины и приборы с большим к. п. д.

Состоявшаяся в январе 1939 г. на Ярославском электромашиностроительном заводе конференция с участием Академии наук СССР в своих решениях указала на чрезвычайно слабое применение железо-никель-алюминиевых сплавов.

Следует наладить выпуск новых конструкций магнето с применением железо-никель-алюминиевых сплавов. Такие конструкции заводом АТЭ-1 уже созданы, например компактное магнето МТ-2 вместо промоздкой конструкции СС-2, но эти конструкции не вышли еще из стадии лабораторных испытаний.

Серьезной работы в области электроосветительной аппаратуры для автомобилей, тракторов и мотоциклов не ведет ни одна организация. Проверенных норм головного освещения автомашин нет. Нормы освещения при работе трактора ночью не установлены. Вопрос о применении желтого света для избежания слепимости остается еще нерешенным.

Светораспределение светового потока в выпускаемых фарах неудовлетворительно, в результате чего получается контрастное освещение дороги, ослепление водителей встречных машин, особенно на большой скорости при качании машин. Все эти вопросы должны иметь четкое и рациональное решение.

Многие приборы, необходимые для электрооборудования мотоцикла, до настоящего времени совсем не изготавливаются, например: магдино, свечи малого габарита для мотоциклетных двигателей, фары и т. д. Из-за отсутствия электрооборудования задерживается выпуск велосипеда с подвесным мотором.

Олесский завод «Красный Профинтерн» имеет

торов, вынужден его консервировать ввиду отсутствия магдино. Завод АТЭ-1, на который было возложено производство маховичного магдино, не справился с этим делом.

Вместо специальных свечей на мотоциклы ставятся автомобильные свечи, характеристика которых не соответствует техническим требованиям и условиям работы мотоциклетных двигателей.

Выпускаемые Всесоюзным аккумуляторным трестом аккумуляторные батареи для мотоциклетных двигателей (тип ЗМТ-16), помимо указанных недочетов, имеют слишком большие габариты.

Все это говорит о необходимости коренного улучшения организации производства мотоциклетного электрооборудования.

Как сказано выше, в порядок дня поставлен вопрос о производстве в СССР малолитражных автомобилей. Эти машины должны быть доступны широкому слою населения. Не следует, однако, упускать из виду, что производство электрооборудования для этих машин фактически не обеспечено. На завод АТЭ-1 рассчитывать совершенно не приходится, так как этот завод, во всяком случае в его современном виде, не в состоянии будет обеспечить электрооборудованием массовый выпуск малолитражных автомобилей.

Научно-исследовательская мысль в области автотракторного электрооборудования, в особенности электрооборудования для дизелей и газогенераторных двигателей, — работает слабо. Почти вся работа в этом направлении ведется только на заводе АТЭ-1 и ограничена узкозаводскими интересами. Завод не решает больших задач по созданию новых типов электрооборудования, унификации существующих, не исследует со всей полнотой сложных проблем зажигания и т. д. Теория работы и основы расчета магнето этого ответственного аппарата автомобильного трактора и, в первую очередь, самолета, нас сегодня по существу отсутствуют, что сильно затрудняет работу конструкторов.

Вот один из важнейших участков исследовательской работы в нашей стране, которому Академия наук СССР призвана оказать свою помощь. Между тем в Академии наук нет института и лаборатории, в которых занимались бы теоретическими и экспериментальными исследованиями в области автотракторного электрооборудования. Это кажется невероятным, но — это факт.

Необходимость создания исследовательских лабораторий, объединения и координации разнородной ведущейся исследовательской работы автотракторному электрооборудованию выдвигается со всей остротой.

Особо следует поставить вопрос о подготовке кадров в области автотракторного электрооборудования. Выпуск инженеров-специалистов этого дела производится только Московским энергетическим институтом им. Молотова, к тому же, леко не регулярно. Следует отметить, что на одном вузе до последнего времени не было специальной кафедры по автотракторному электрооборудованию. Среднетехнические кадры готовит всего несколько техникумов им. Красина.

Вопросам автотракторного и мотоциклетного

электрооборудования в 1938 г. была посвящена Всесоюзная конференция, созванная по инициативе Всесоюзного научно-инженерно-технического общества энергетики.

Конференция проделала полезную работу, обудив ряд докладов. К сожалению, дело только этим и ограничилось. Избранный на этой конференции постоянный комитет по автотракторному электрооборудованию не работает.

Задачи, стоящие перед промышленностью автотракторного и мотоциклетного электрооборудования в третьей пятилетке, велики.

Нужно значительно расширить подготовку кадров специалистов, форсировать строительство новых заводов по производству автотракторного и мотоциклетного электрооборудования и развернуть в этой области большую исследовательскую работу.

Современное автомобильное электрооборудование

Г. И. ГОЛЬДБЕРГ

Московский автомобильный завод им. Сталина

НА ПЕРВЫХ автомобилях электрическая энергия применялась исключительно для воспламенения горючей смеси в камере сгорания двигателя. Источником тока служили гальванические элементы, аккумуляторы и, начиная с 1882 г., динамомашины. Ток низкого напряжения, даваемый аккумулятором, преобразовывался в ток высокого напряжения (высокое напряжение порядка 10 kV необходимо для получения воспламеняющей искры) помощью небольших индукционных катушек.

Наряду с этим способом зажигания, некоторое время применялось так называемое «зажигание на отрыв», изобретенное, повидимому, S. Marcus в 1875 г. Электрическая энергия при зажигании на отрыв создавалась качательным движением якоря с обмоткой в поле постоянного магнита; в камере сгорания помещались два соприкасающихся электрода, один из которых мог перемещаться. В нужный момент контакт между электродами прерывался, и возникающая при этом дуга воспламеняла сжатую в камере горючую смесь (в данном случае паров бензина и воздуха). Несмотря на ряд существенных конструктивных и эксплуатационных недостатков, эта система с некоторыми модификациями просуществовала довольно долго, так как делала зажигание независимым от мало надежных в те времена аккумуляторов и элементов. Примерно в 10-х годах этого столетия зажигание на отрыв (или, что примерно одно и то же, — от магнето низкого напряжения) начало вытесняться зажиганием от магнето высокого напряжения, изобретенным в 1900 г. M. Boudeville и усовершенствованным в 1901 г. G. Honold.

Магнето высокого напряжения совмещало в себе положительные качества обеих указанных выше систем и было свободно от многих их недостатков, так как оно работало независимо от посторонних источников электрической энергии, в камеру двигателя не нужно было вводить подвижных электродов и т. д. Магнето высокого напряжения (в дальнейшем в статье оно будет именоваться просто магнето), применяемое и теперь, состоит в основном из генератора переменного тока и трансформатора с общими обмотками и магнитопроводом. Чтобы увеличить вторичное

напряжение, первичный ток прерывается специальным механическим прерывателем.

Долгое время конструктивные трудности, стоявшие на пути создания надежной автомобильной динамомашины, и низкое качество (с эксплуатационной точки зрения) аккумуляторов ограничивали область применения электрической энергии на автомобиле. По статистике, приведенной в книге A. Mattes и F. Trautmann [1], в 1913 г. только 37% легковых автомобилей производства США имели осветительное электрооборудование, а в Германии даже еще в 1923 г. 7,5% легковых машин на ежегодной автомобильной берлинской выставке были снабжены ацетиленовым освещением.

Увеличение скорости автомобилей выдвинуло со всей остротой проблему освещения пути¹, которую при ацетиленовых фонарях решить было далеко не просто. Необходимость перехода на более эффективный вид освещения — электрическое — назрела, и это стимулировало создание источников тока, пригодных для эксплуатации на автомобиле. Практически с 1924—1925 гг. выпуск автомобилей без электрического освещения прекращен. Поскольку, независимо от системы зажигания, автомобили стали снабжаться аккумуляторами, зажигание от индукционной катушки стало вытесняться магнето сначала в США, а затем в Европе.

Повышающиеся требования к комфортабельности автомобиля, увеличение мощности и степени сжатия двигателя повлекли за собой более широкое использование электрической энергии, в первую очередь для запуска двигателя (электрические стартеры), затем для очистки ветрового стекла перед водителем от брызг дождя и снега, для обогрева, сигнализации и т. п.

Быстрее всего совершенствуется конструкция электрооборудования легковых машин, так как суммарный выпуск легковых машин намного превышает выпуск грузовиков, и легковые машины должны приравниваться к запросам индивидуального потребителя. Автомобилисты признали

¹ Это же относится и к звуковым сигналам (гудкам), имевшим ранее ручной привод, так что подача сигнала затрудняла водителя и отвлекала его внимание.

неоспоримость удобства использования электрической энергии, и сейчас электричество используется на автомобиле для весьма многих целей.

Для примера приводим схему электрооборудования автомобиля ЗИС-101², выпускаемого автозаводом им. Сталина (рис. 1). Обозначения отдельных приборов на схеме: ДМ — динамомашинка, РЛ — реле, СТ — стартер (стартерный мотор), РСЛ — пусковое реле стартера, ВЗ — выключатель зажигания, К — индукционная катушка, РК — распределитель зажигания, АК — аккумулятор, ПС — переключатель света, Ф — фары, ПФ — малые фары (на крыльях), ЗФ — задние фары, В — выключатель сигнала торможения (приводится от тормозной системы), ВХ — выключатель сигнала заднего хода (приводится от коробки передач), НП — ножной переключатель света фар, ВС — выключатель стартера, МА — максимальный автомат (ограничитель тока), ВСШ — переключатель освещения в отделении водителя, Л — лампы освещения приборов, ПЩ — плафон водителя, ПП — плафоны

² Схема составлена по материалам автозавода им. Сталина инж. Ю. М. Галкиным.

Васильев и Галкин, Справочник по электрооборудованию автомобилей и тракторов.

В настоящее время заводом им. Сталина данная схема незначительно изменена (нет малых ламп в фарах, распределитель имеет однорычажный прерыватель, не ставится телефон).

пассажирского отделения, *ПБ* — плафон в багажнике, *ВП* — включатель пассажирского плафона, *ВПА* — автоматические включатели плафонов (включают освещение при открывании двери кузова и дверцы багажника), *УБ* — указатель уровня, *РБ* — реостат к указателю уровня, *КС* — включатель электрических сигналов, *ПС* — реле сигналов, *КСП* — включатель пневматических (вакуумных) сигналов, *З* — закуриватели, *ВО* — вентиляторы обогревателя кузова, *М* — микрофон, *Т* — телефон.

Из схемы видно, что автомобиль имеет свою миниатюрную электрическую станцию и довольно разветвленную сеть потребителей. Эта аналогия особенно отчетливо видна на схемах современных больших автобусов, где динамомашины ставятся сравнительно большой мощности и число ламп внутреннего освещения значительно больше, чем на легковой машине.

Все автомобильное электрооборудование можно разбить на группы: 1. Источники тока (аккумуляторная батарея, генератор). 2. Приборы зажигания (индукционная катушка, распределитель зажигания, магнето). 3. Пусковые приспособления (стартер, пусковое реле). 4. Приборы освещения (фары, лампы, выключатели). 5. Сигнализационные приборы (звуковые и световые). 6. Измерительные приборы. 7. Вспомогательные приборы и спецоборудование (радиоборудование).

Аккумуляторная батарея. В современном автомобильном электрооборудовании особенно большое внимание уделяется аккумуляторной батарее, так как при выходе из строя аккумулятора в большинстве случаев выходит из строя все электрооборудование и свойствами аккумулятора задаются в основном характеристики остальных приборов.

На автомобилях применяются почти исключительно свинцовые аккумуляторы на 6 и 12 В.

На автомобилях производства США и отечественных, как правило, напряжение системы электрооборудования — 6 V. Исключения составляют грузовые машины с двигателями на генераторном газе и дизельными, на которых из-за режима запуска необходимо напряжение 12 V (иногда — 24 V). На автомобилях европейских фирм, как правило, оборудование — на 12 V.

По мнению Mattes [1] это объясняется тем, что в США долгое время не могли создать автомобильных ламп накаливания на 12 В (нити этих ламп быстрее разрушаются в условиях вибрации и тряски на автомобиле, чем более короткие нити ламп 6 В). Когда добились надлежащего срока службы ламп 12 В, то уже установилась традиция. В Европе, по мнению тех же авторов, с самого начала поняли преимущества системы 12 В, а именно — компактность стартера, меньшие диаметры проводов и т. д.

Е. А. Watson [2], рассматривая преимущественно великобританские машины, мотивирует распространение в Европе оборудования 12 V более выгодными характеристиками стартеров и ламп накаливания 12 V, особенно, более высокой световой отдачей последних.

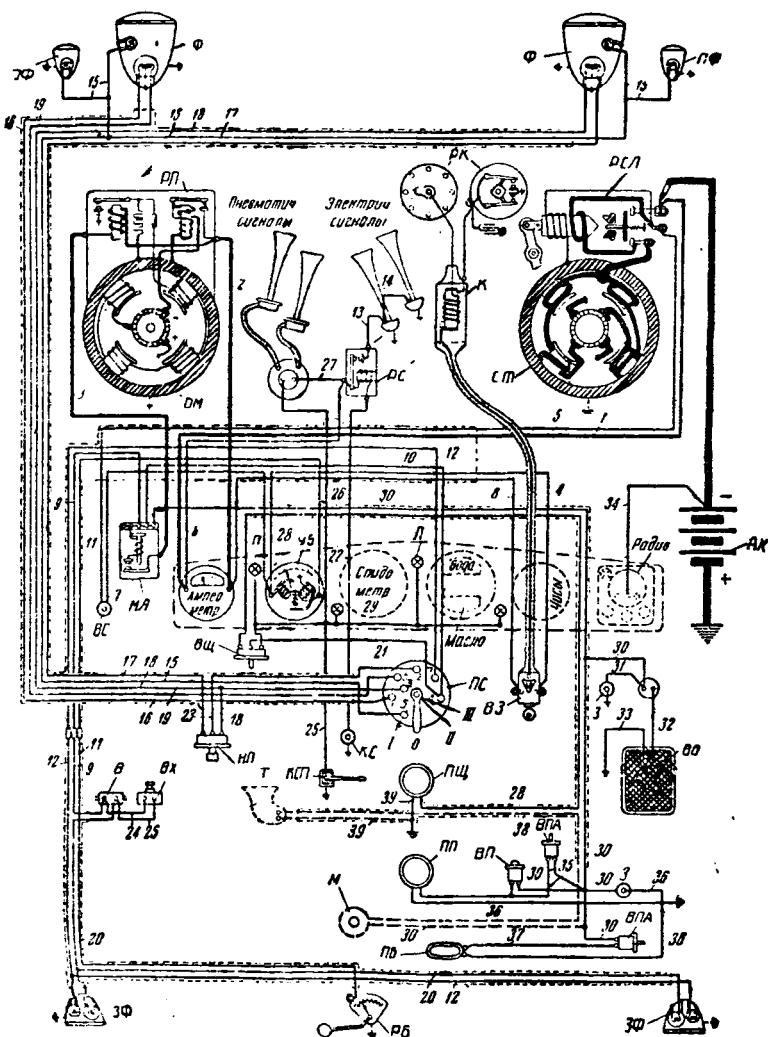


Рис. 1. Схема электрооборудования легкового автомобиля ЗИС-101

По нашему мнению, однако, объяснение здесь еще. Стоимость аккумуляторов 12 V при той же емкости в Wh выше, чем у аккумуляторов 6 V. Главный вес стоимости аккумулятора в общей стоимости электрооборудования достаточно велик, чтобы фирмы США, выпускающие автомобили, рассчитанные на массового потребителя, это учли. Но же касается более высокой световой отдачи лампы 12 V, то эта выгода очень невелика и вполне компенсируется основным недостатком лампы 12 V — неблагоприятными соотношениями диаметра и длины нити.

При одинаковой мощности лампы нить лампы 12 V должна быть тоньше или длиннее; первое — увеличивает срок службы лампы в условиях тряски и вибрации, второе — весьма неприятно при использовании лампы в фокусирующей арматуре. Как показала практика, для запуска нормальных карбюраторных двигателей, устанавливаемых на большинстве грузовых и легковых автомобилей, вполне достаточно иметь стартер в 1 л. с.; выполнение такого стартера на 6 V не представляет никаких трудностей.

Таким образом, резюмируя сказанное выше, можно утверждать, что для бензиновых карбюраторных двигателей с рабочим объемом до 6,5 л. с. переход на систему электрооборудования 12 V выигрывает, если он не вызывается какими-либо особыми причинами.

Для запуска тяжелых газогенераторных и дизельных двигателей необходимы стартеры мощностью до 10 л. с. При такой мощности, чтобы избежать больших токов, стартер следует выполнять на напряжение 24 V. Некоторые французские фирмы в тех случаях, когда ставится стартер 24 V, выполняют на это же напряжение все электрооборудование. Это не вполне удобно, так как требует или усложнения схемы (группировки ламп на 12 V по две последовательно) или применения ламп 24 V. Правильнее в таких случаях ставить специальный переключатель, позволяющий при запуске подавать на стартер 24 V, а в нормальных условиях соединяющий эти аккумуляторы параллельно (питание потребителей при запуске производится от одного из аккумуляторов).

По мнению многих специалистов, при системе электрооборудования на 24 V нужно отказаться от такой всеобщей распространенной одноприводной схемы (вторым проводом служат металлические детали шасси и кузова автомобиля) из-за возможности возникновения дуги при коротком замыкании, а это влечет за собой удвоенный расход проводов и, следовательно, неэкономично.

Международным Комитетом ISA стандартизованы следующие номинальные напряжения систем автомобильного электрооборудования (бюллетень 4, май 1938 г.) 2—6—12—24 V.

Емкость автомобильных аккумуляторов определяется условиями запуска, характеристикой генератора и энергией, потребляемой лампами накаливания и при работе двигателя на малых оборотах (пока не разовьются обороты, при которых напряжение генератора превысит напряжение батареи).

Следовательно, аккумулятор, выбранный по условиям

запуска, большей частью вполне соответствует и двум остальным условиям.

Critchfield [3] на основании существующей американской практики рекомендует следующие емкости (см. табл. 1).

Таблица 1

Тип двигателя	Литраж л	Мощность стартера, л. с.	Напряжение V	Емкость* Ah
Бензиновый	До 4	0,8	6	90—115
•	4—5,5	1	6	115—125
•	5,5—6,5	1	6	125—140
•	6,5—10,5	2,5	12	95—110
Дизель	До 4	4,5	12—24	12V—200—300
•	4—6,5	5	24	24V—100—120
•	6,5—10,5	11,0	24	110—140
				140—200

* Емкость — при 20-часовом разряде.

Статистические данные подтверждают правильность выбора емкостей, рекомендуемых Critchfield.

В момент запуска холодного двигателя аккумулятор разряжается очень большим током; при полном торможении стартера, что имеет место и в реальных условиях эксплуатации, ток, потребляемый стартером 6 V, может достигать 600—800 А. Автомобильный аккумулятор должен, понятно, выдерживать такие токи без каких-либо повреждений. Стартерный режим разряда аккумулятора предопределяет необходимость малого внутреннего сопротивления, жесткую конструкцию пластин (во избежание их коробления) и соответствующую конфигурацию пластин (они должны быть тонкими при большой поверхности).

Работа в условиях тряски и при переменной температуре выдвигает требования к общей конструкции собранного аккумулятора: пластины не должны быть навесу, блок, состоящий из комплектов положительных и отрицательных пластин и сепарации, должен быть хорошо спрессован и достаточно туго входить в сосуд. Сам сосуд (на автомобиле применяются почти исключительно моноклочные сосуды, т. е. общий бак с числом ячеек по числу элементов) должен изготавливаться из механически прочной, кислотоупорной и не боящейся температурных толчков массы.

Нужно отметить, что самым подходящим материалом для баков автомобильных аккумуляторов является эбонит. Попытка отечественных заводов создать заменитель эбонита для баков (асфальто-лековые композиции) положительного результата не дала. Чтобы при тряске не выплескивался электролит, конструкция аккумулятора должна быть герметичной, герметичность крышек элементов достигается заливкой щелей специальной мастикой. Некоторую сложность представляет надежное уплотнение выводных штырей. Распространенный метод уплотнения, при котором в крышке укрепляется свинцовая втулка и штырь к ней припаивается, не обеспечивает надлежащей герметичности и неудобен при разборке аккумулятора.

До недавнего времени междуэлементные соединения выполнялись исключительно снаружи, для чего сквозь крышки нужно было выводить у 6 V батареи 6 штырей (по два штыря на элемент). Теперь начинает распространяться выполнение междуэлементных соединений в отношении герметизации (нужно уплотнять только концевые выводы) и дает значительную экономию свинца. Выделяющиеся при зарядке газы, если для них не сделать выхода, могут разрушить бак. Для выхода газов элементные пробки снабжаются маленькими отверстиями и отражателями, гасящими энергию брызг, так что брызги не долетают до отверстий.

Сепараторы делаются деревянными (ольха, сосна, кедр), из микропористой резины и реже из гофрированного эбонита, с большим числом отверстий. Наиболее подходящим материалом является, несомненно, микропористая резина, т. е. вулканизированная резина, имеющая огромное число (порядка десятков тысяч на 1 см²) микропористых отверстий. Применение этой микропористой сепарации вместо деревянной увеличивает срок службы подчас в 2 раза, но высокая стоимость — до 2,5 руб. за штуку — микропористых сепараторов не позволяет пока еще применять их в массовом производстве аккумуляторов.

Чтобы выяснить, насколько аккумуляторная батарея хорошо отвечает требованиям режима запуска, вводится понятие «стартерной емкости», т. е. емкости при 5-минутном разряде. Поскольку при столь кратковременном разряде не может быть хорошего перемешивания электролита, конечное напряжение при 5-минутном разряде принимается более низкое, чем при нормальных 20- и 10-часовых режимах, а именно 1,5 V на элемент вместо нормально принятого напряжения 1,7—1,75 V. Стартерная емкость редко превышает 25% от номинальной. Некоторые американские фирмы, помимо стартерной емкости, интересуются напряжением на клеммах заряженной батареи при определенных тяжелых условиях разряда. Последнее испытание, насколько нам известно, не нормализовано; по статье Critchfield можно судить, что фирмой Delco-Remy аккумуляторы испытываются при разрядном токе 300 A и температуре 18° ниже нуля.

С 1934—1935 гг. в США получила широкое распространение проверка при тех же условиях (т. е. при разрядном токе 300 A и при температуре 18° ниже нуля) емкости аккумуляторов. Только очень хорошие аккумуляторы отдают при этих условиях больше 20% от номинальной емкости; аккумуляторы среднего качества отдают примерно 15 ÷ 17% номинальной емкости. На наших заводах, к сожалению, подобные испытания еще не поставлены.

Большим эксплуатационным недостатком аккумуляторов является зависимость их емкости от температуры. По данным Подольского аккумуляторного завода зависимость емкости аккумуляторов этого завода от температуры выражается следующей эмпирической формулой:

$$Q_t = \frac{Q_{25}}{1 - 0,01(t - 25)},$$

где Q — емкость при температуре $t^{\circ}\text{C}$; Q_{25} — емкость при 25°; t — температура в градусах C.

Для обычного встречающегося на практике диапазона температур эта формула оказывается достаточно точной.

Кроме того, при понижении температуры растает вязкость электролита, падает подвижность ионов и скорость диффузии. Поэтому при разряде и в ряде аккумулятора перемешивание электролита в сосуде и в толще пластин замедляется, а это влечет за собой при заряде сильное увеличение концентрации кислоты в порах активной массы, увеличение напряжения на клеммах батареи. При разряде, наоборот — концентрация кислоты в порах уменьшается и напряжение батареи падает. Зависимость напряжения батареи от тока при различных температурах для заряженной и разряженной батареи показана на рис. 2.

Таким образом зимой, когда условия запуска двигателя утяжеляются из-за резкого повышения вязкости смазочного масла двигателя при низких температурах и когда продолжительность пользования освещением увеличивается, емкость аккумулятора намного меньше, чем летом. Условия зарядки также ухудшаются, так как при том же напряжении генератора зарядный ток снижается.

Напряжение генератора поддерживается постоянным при наличии регулятора напряжения. Если генератор применяется 3-щеточный (подробно о генераторах см. ниже), то зарядный ток не снижается, но напряжение в системе возрастает, и напряжение 3-щеточного генератора устанавливается по аккумуляторной батарее: $U_z = E_0 + IR$, где U_z — напряжение генератора; E_0 — ЭДС батареи; I — зарядный ток; R — полное сопротивление зарядной цепи. Увеличение напряжения влечет за собой быстрое перегорание ламп накаливания, так как, если рассчитывать лампы на зимние условия, то летом их световая отдача будет недостаточной.

В некоторых современных автомобилях указанные недостатки компенсируются помещением аккумулятора вблизи от двигателя, где температура зимой достаточно высока. Это безусловно вполне целесообразно, однако следует остерегаться перегревать аккумулятор до температуры выше 50—55°, так как иначе он (особенно при деревянной сепарации) будет значительно быстрее выходить из строя. Установка аккумулятора около двигателя имеет и то преимущество, что к нему облегчается доступ, а следовательно, обеспечивается лучший уход за ним.

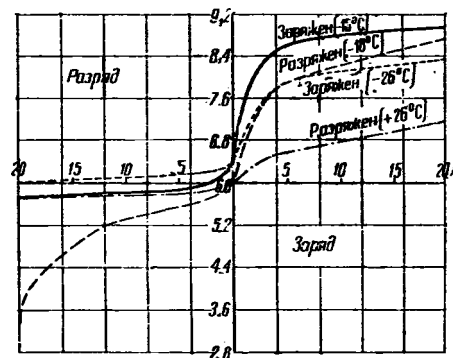


Рис. 2. Зависимость напряжения заряженного и разряженного аккумулятора от тока заряда-разряда

СССР автомобильные аккумуляторы выпускаются только так называемой поперечной сборкой, при которой плоскость пластин перпендикулярна продольной оси бака. Аккумулятор при этом является сравнительно коротким, но широким. Такие удобства для конструктора автомобиля не дают выбора удачного места для батареи в ряде случаев. Дает продольная сборка, т. е. расположение пластин параллельно продольной оси бака. При продольной сборке аккумулятор получается узким, хотя и несколько длинным, и это дает возможность поставить его на раму рядом с двигателем, на щите и т. п. Бак аккумулятора продольной сборки имеет менее жесткую форму, чем при поперечной сборке, и поэтому должен изготавливаться из прочного материала. Иностранцы же фирмы изготовляют баки аккумуляторов продольной сборки исключительно из высококачественного эбонита.

Щелочные аккумуляторы на автомобилях почти совсем не применяются, хотя они и лучше переносят тряску и короткие замыкания, чем кислотные. Невозможность широкого использования щелочных аккумуляторов объясняется их большим внутренним сопротивлением, что заставляет по условиям старта выбирать емкость щелочных аккумуляторов в 1,5—1,7 раза большую, чем кислотных. Кроме того, разность напряжений на клеммах щелочных аккумуляторов при заряде и разряде значительно выше, чем у кислотных аккумуляторов, а это сильно сокращает срок службы типа накаливания, так как их приходится рассчитывать на напряжение при разряде аккумулятора. Генератор. Автомобильный генератор приводится во вращение от двигателя автомобиля, и поэтому обороты генератора меняются так же, как и обороты самого двигателя. Рабочий диапазон оборотов современных двигателей весьма широк, в среднем примерно от 600 об/мин (холостой ход) до 3500 об/мин (обороты максимальной мощности), т. е. приблизительно в отношении 1:6. Следовательно, в том же отношении меняются и обороты генератора. Э. д. с. машины пропорциональна ее оборотам, и для того чтобы в системе, питаемой от этой машины, поддерживать постоянное в известных пределах напряжение, необходим или иной регулятор.

На первых порах применения на автомобиле генераторов были сделаны попытки регулировать напряжение генератора, а его число оборотов, для этого были сконструированы особые фрикционные муфты, связанные с центробежными регуляторами, могущие проскальзывать. Однако эти муфты были весьма ненадежны, в работе грелись, и трущиеся поверхности быстро изнашивались. Подобное решение не помогло распространению генераторов, а скорее его затормозило.

Радикально вопрос был решен лишь при введении электрической регулировки. При этом намечались два направления — европейское и американское, в основном сохранившиеся до настоящего времени: регулировка напряжения и регулировка тока. В Европе получили преимущественное распространение генераторы с быстродействующими регуляторами напряжения типа Тириль, например, в США до 1936 г. на легковых и грузовых автомобилях применялись исключительно динамо-

машины с (регулируемой) силой тока. Под последними подразумеваются динамомашины с возбуждением по Зенгелю и Сайерсу [4], в которых для питания обмотки возбуждения устанавливается вспомогательная щетка.

Схема динамомашины с вспомогательной щеткой изображена на рис. 3. Показанное на схеме реле обратного тока необходимо при любой конструкции динамомашины и служит для автоматического включения ее в цепь, когда с увеличением числа оборотов двигателя напряжение генератора станет более высоким, чем напряжение батареи. При уменьшении оборотов двигателя, когда э. д. с. генератора понизится и ток в цепи зарядки начнет менять свое направление на обратное, реле автоматически отключает генератор от цепи. Для регулировки в динамомашинах с вспомогательной щеткой, или, как ее чаще именуют, в 3-щеточной машине используется реакция якоря. Вспомогательная щетка ставится на коллектор под таким углом по отношению к главной щетке, чтобы искажение потенциальной диаграммы, или точнее, чтобы изменение напряжения на ней при изменении нагрузки сказывалось достаточно сильно. При увеличении нагрузки ток генератора остается постоянным. При изменении оборотов генератора ток его меняется по некоторой кривой.

Характеристика изменения тока генератора в зависимости от оборотов показана на рис. 4.

Реакция якоря имеется лишь при нагрузке, поэтому, если заставить работать 3-щеточный генератор с большими оборотами на холостом ходу, его э. д. с. будет возрастать примерно так же, как простой шунтовой машины, и это вызывает в первую очередь повреждение обмотки возбуждения.

Роль постоянно приключенной нагрузки играет аккумуляторная батарея; она же задает напряжение сети (см. выше), и, следовательно, при заря-

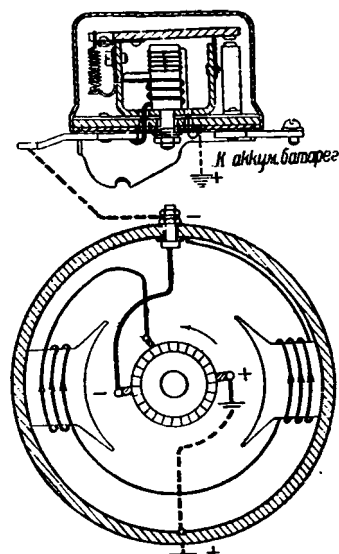


Рис. 3. Схема 3-щеточного генератора (тип ГБФ завода АТЭ-1) сверху — реле обратного тока

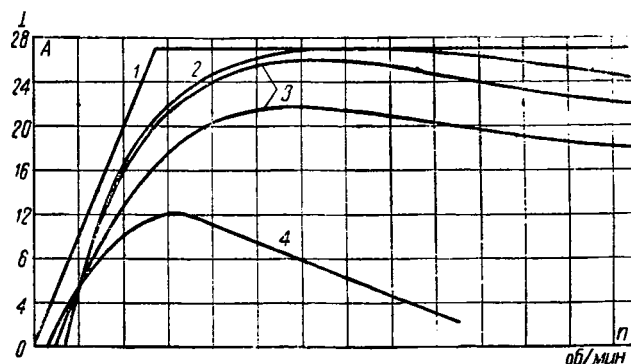


рис. 4. Характеристики $I = f(n)$ генераторов различных типов. 1 — с регулятором напряжения; 2 — 3-щеточный «компаундный»; 3 — 3-щеточный современный; 4 — 3-щеточный 1926 г.

женном аккумуляторе напряжение генератора выше, чем при разряженном. Зарядный ток полностью заряженной батареи при прочих равных условиях будет выше, чем если аккумулятор совершенно разряжен. При увеличении суммарного сопротивления цепи зарядки (по приведенному уравнению) напряжение генератора увеличивается и может достигнуть совершенно недопустимых значений.

Схема генератора, снабженного регулятором напряжения, показана на рис. 5. Как видно из характеристики (рис. 4), его ток от оборотов не зависит. При правильно подобранном регуляторе напряжение генератора также остается примерно постоянным на всем рабочем диапазоне оборотов.

При 3-щеточном генераторе аккумулятор находится в значительно более тяжелых условиях, чем при наличии регулятора напряжения. Особенно неприятно сказывается несовершенство характеристик 3-щеточного генератора, если емкость аккумулятора мала сравнительно с мощностью генератора. Исходя из этого, ряд европейских авторов, в том числе и Mattes, давший довольно подробный анализ работы 3-щеточного генератора³, пришли к выводу, что применение 3-щеточных машин вынуждает автомобильные фирмы США ставить аккумуляторы излишне большой емкости.

Однако это совершенно не объясняет причин, по которым в США так широко распространились 3-щеточные машины. Объяснение находится довольно просто, если рассматривать весь автомобиль в целом, а не отдельно каждый агрегат. Дей-

³ Русский перевод соответствующего раздела книги Mattes дан Ф. Л. Сперанским [5].

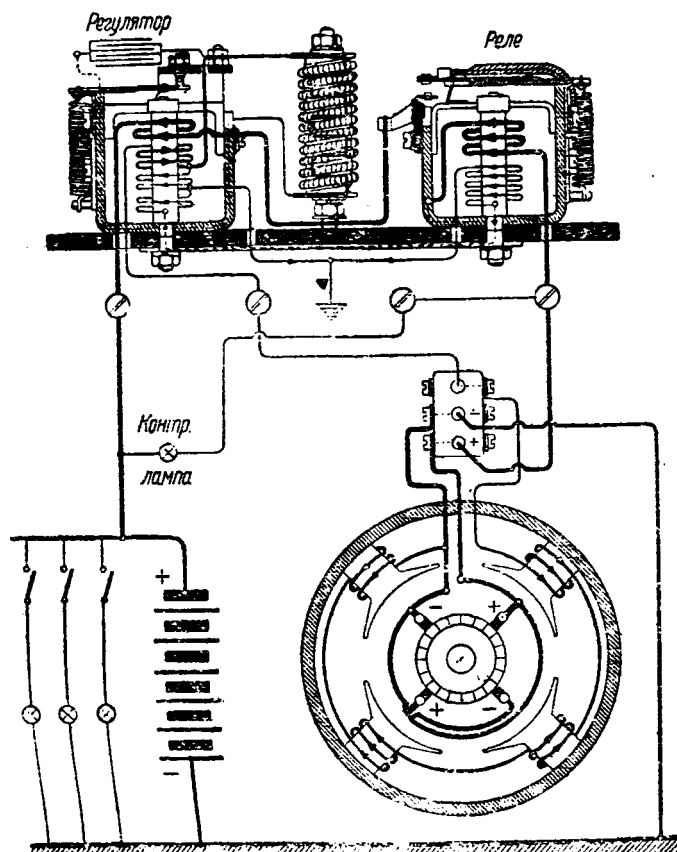


Рис. 5. Схема генератора с регулятором напряжения (регулятор типа FPA завода АТЗ-1).

ствительно, в США применяются двигатели в нем значительно более мощные, чем в Европе для надежного запуска двигателя нужны соответствующие батареи достаточно большой емкости. Наличие большого аккумулятора позволяет без колебаний принять 3-щеточный генератор, весьма дешевый в изготовлении и неприхотливый в эксплуатации (последнее особенно важно при массовом выпуске автомобилей).

Поскольку советское автомобилестроение учло в основном американскую практику, вполне естественно, что было найдено рациональным и менять 3-щеточные машины, ставящиеся и сейчас на большинстве советских автомобилей. До 1933—1934 гг. лишь в виде исключения на легковых автомобилях могли потребоваться генераторы с пиком тока 24—25 А. Но, начиная с этого времени, общая мощность потребителей тока на автомобиле стала повышаться весьма резко за счет увеличения мощности ламп освещения приборов и сигнализационных, что вызывалось повышением скорости движения, а также за счет широкого распространения автомобильных радиоприемников и обогревателей.

По данным Critchfield [6] количество установленных в США автомобильных радиоприемников возросло в 1933 г. по сравнению с 1932 г. в 5 раз, а в 1936 г. по сравнению с 1933 г. в 2,2 раза.

Увеличение мощности потребителей потребовало увеличения мощности динамомашины. 3-щеточная машина отдает свою максимальную мощность лишь на узкой полосе полного диапазона рабочих оборотов, и, следовательно, для того чтобы покрывать расход тока в течение достаточно большого времени, нужно было бы весьма сильно превышать пик тока (см. характеристику 3-щеточного генератора), а это в свою очередь повлекло бы за собой увеличение габаритов машины, расхода и т. п.

Положение несколько улучшилось изменением схемы: «чисто» 3-щеточная машина заменяется компаундной, у которой часть обмотки возбуждения приключается к вспомогательной щетке, а часть между главными щетками. Все же мощность генератора возросла настолько, что перезаряд аккумулятора стал значительно сказываться на его сроке службы. Это вызвало необходимость корректировки режима зарядки различными приспособлениями, например добавочным сопротивлением в цепи возбуждения, «закорачиваемым» при включении освещения.

В 1937—1938 гг. общая мощность потребителей еще больше возросла, и новое соотношение мощности генератора и емкости батареи вынудило перейти большинство фирм США на установку регулятора напряжения. За «чисто» 3-щеточными машинами теперь остается только область грузовых и небольших легковых автомобилей. Распределение генераторов различных мощностей по типам автомобилей представляется теперь примерно таким виде (см. табл. 2).

Увеличение мощности генераторов повлияло на их конструктивное оформление. Раньше автомобильные генераторы выполнялись почти исключительно полностью закрытого типа, теперь подавляющее большинство машин выполняется с внутренней вентиляцией.

Таблица 2

Напряжение, В	Способ регулирования	Напряжение, В	Типы автомобилей
100	3-я щетка	6	Небольшие грузовики
130	"	6	Грузовики и малолитражные легковые
200	Регулятор напряжения	6	Легковые
180	"	12	Дизельные и газогенераторные грузовики
"	"	12	Городские автобусы
100	"	12	Междугородные автобусы

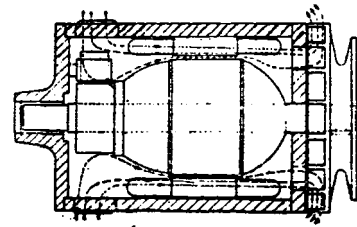


Рис. 6. Схематический разрез генератора

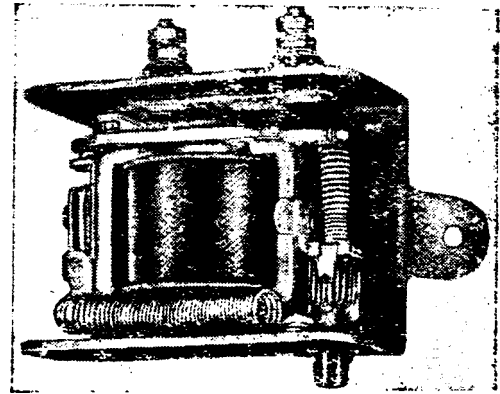


Рис. 7. Регулятор напряжения Leece-Neville

Большим существенным является вопрос привода генераторов. Наименее благоприятен шестеренный привод, так как при нем генератор необходимо устанавливать в непосредственной близости от двигателя, что вызывает усиленный нагрев машины и требует надежную защиту от попадания смазочного масла из картера шестерен в корпус генератора.

Лучшим типом привода следует признать ременный, позволяющий отдалить генератор от двигателя, выбрать в широких пределах передаточное число и расположить машину в струе воздуха, создаваемой вентилятором двигателя. На рис. 6 показан схематический продольный разрез генератора с внутренней вентиляцией, рассчитанного на ременный привод.

В регуляторах напряжения большое внимание уделяется увеличению их надежности действия и температурной компенсации характеристик. Очень широко применяется в качестве температурного датчика магнитного шунта из железо-никелевого сплава ($\text{Ni } 30\%$, остальное — Fe), для которого точка Кюри около 60° (по исследованиям завода АТЭ). Внешний вид регулятора напряжения показан на рис. 7.

Приборы зажигания. Наиболее ответственной частью электрооборудования, непосредственно влияющей на работу двигателя, является зажигание. Зажигание должно обеспечить воспламенение топливной смеси в камере сгорания двигателя в надлежащий момент и через строго определенные интервалы. От интенсивности воспламеняющей смеси и степени разброса момента ее проскакивания в значительной степени зависят экономичность и устойчивость работы двигателя. Надлежащим регулированием момента воспламенения (времени зажигания) по оборотам и нагрузке двигателя удается получить экономию топлива до 15%.

Bezzana и Calmar [7, 8] доказали, что на работу двигателя оказывают большое влияние расстояние свечи в камере и величина искровых промежутков в свечах. Последние надлежит увеличить против существующих норм почти в 2 раза.

При ременном приводе применяется клиновидный ремень, изготовляемый из прорезиненного многослойного холста.

Подобное увеличение искровых промежутков делает работу системы зажигания еще более напряженной, чем это имеет место сейчас. Напряжение на свече при существующих искровых промежутках порядка 0,6—0,7 мм составляет примерно 3,5—8 kV, при увеличении же искровых промежутков до 1,1—1,2 мм напряжение на свече поднимается до 14 kV. Необходимость увеличения напряжения зажигания диктуется также современной тенденцией к повышению степени сжатия двигателя.

На всех легковых автомобилях, автобусах и на большей части грузовых автомобилей устанавливается батарейное зажигание. Главным недостатком батарейного зажигания является зависимость его от состояния общей системы электрооборудования. Однако учитывая, что современный автомобиль при работоспособной системе зажигания и крупных неполадках в других приборах электрооборудования все равно не мог бы нормально эксплуатироваться, для автомобилей гражданского назначения с указанным недостатком можно помириться, так как он вполне окупается низкой стоимостью батарейного зажигания, простотой приборов и надежностью самих приборов.

Магнето ставится на автомобили лишь в тех случаях, когда по условиям эксплуатации требуется бесперебойная работа двигателя в течение не слишком продолжительного времени и на форсированном режиме (например, пожарные автомобили). Магнето ставится также в тех случаях, когда не может быть обеспечен надлежащий уход за аккумулятором или же вообще он по тем или иным соображениям не ставится. Большим достоинством батарейного зажигания является соответствие его характеристик с требованиями двигателя, а именно: максимальное напряжение при батарейном зажигании получается на малых оборотах

двигателя, что облегчает его запуск. С увеличением оборотов вторичное напряжение, даваемое катушкой зажигания, падает, но и напряжение пробоя искрового промежутка с возрастанием оборотов двигателя также понижается. Вторичное напряжение магнето изменяется совершенно по-иному: на малых оборотах двигателя оно минимально и с увеличением оборотов в определенных пределах растет.

Если по каким-либо причинам вторичное напряжение данной катушки на высоких оборотах двигателя не обеспечивает его бесперебойной работы, то «поднять» характеристику батарейного зажигания будет много проще и дешевле, чем добиться того же при зажигании от магнето на малых оборотах⁵.

Индукционная катушка, применяемая на автомобиле, за последние годы приобрела почти стандартные формы: на сердечник, набранный из листового мягкого железа или проволоки, наматывается вторичная обмотка. Первичная обмотка наматывается поверх вторичной, что улучшает отвод тепла. Сердечник и обмотки заключаются в цилиндрический стальной корпус, усиленные стенки которого являются частью магнитопровода. Обмотки отделяются от доньшка корпуса фарфоровым изолятором. Для улучшения изоляции и придания жесткости конструкции катушки заливаются компаундом. Совсем недавно появились катушки, корпус которых для лучшего отвода тепла от первичной обмотки заливается маслом [11]. Для той же цели фирмой Delco-Remy корпуса катушек, предназначенных для работы в напряженных условиях, снабжаются ребрами (Heavy-duty type). Концы обмоток выводятся к клеммам, запрессованным в крышку-изолятор. Крышка соединяется с корпусом обычно неразборным соединением.

Ток низкого напряжения катушки прерывается механическим прерывателем, расположенным в одном корпусе с распределителем, служащим для подачи высокого напряжения в определенной последовательности (порядок зажигания) на свечи отдельных цилиндров. Распределитель на стороне высокого напряжения начали ставить примерно с 1912—1914 гг. Для этого времени предпочитали ставить столько же катушек, сколько было цилиндров у двигателя, и распределять ток низкого напряжения («Ток высокого напряжения имеет чрезвычайную склонность к бегству и не упустит случая проскочить в сторону», так это объяснялось автомобилистами даже еще в 1917 г. — Л. Бодри-де-Сонье). Синхронизм работы прерывателя и двигателя обуславливается шестеренным приводом, а распределитель и прерыватель имеют общий вал. При батарейном зажигании под распределителем подразумевается прибор, включающий в себя прерыватель, собственно распределитель и устройство, регулирующее опережение зажигания.

Надежность работы батарейного зажигания в значительной степени зависит от тщательности выполнения прерывателя, так как на высоких оборотах рычажок должен совершать весьма быстрые колебания (например, на двигателе ЗИС-101 до

240 колебаний в секунду), и при этом легко и возникнуть вибрация, резко понижающая вторичное напряжение. Средствами борьбы с вибрацией являются уменьшение момента инерции рычага прерывателя и усиление его пружины. Значительно менее удобна с эксплуатационной точки зрения установка для уменьшения вибрации двух прерывателей, работающих поочередно, так как уменьшает точность углового интервала между отдельными искрами и усложняет регулировку. Установка двух прерывателей допустима лишь в тех случаях, когда все другие меры борьбы с вибрацией уже исчерпаны.

Для регулировки опережения зажигания оборотам и по нагрузке двигателя служат центробежный и вакуумный регуляторы опережения. Работа вакуумного регулятора используется явление разрежения во всасывающем коллекторе двигателя при изменении нагрузки.

Магнето. Магнето представляет собой объединенные генератор переменного тока, трансформатор, прерыватель и распределитель. Из различных видов магнето — с вращающимися обмотками, вращающимся магнитом, вращающимся магнитом коммутатором — наибольшее распространение получили магнето с вращающимся постоянным магнитом. Этому особенно способствовало появление новых магнитных сплавов с высокой коэрцитивной силой (сплавы Fe—Ni—Al). Обычно магнето выполняется с горизонтальной осью магнитного распределителя может быть параллельна или перпендикулярна оси магнита.

Разработка магнитных сплавов, дающих возможность изготавливать магниты очень малой объема при достаточном запасе энергии, позволила значительно уменьшить объем магнето. Уже примерно с 1933 г. разными фирмами начали выпускать магнето с вертикальным валом, взаменимые по своим посадочным размерам с распределителями батарейного зажигания и совмещаемые с тем же числом оборотов, что и обычные магнето. Благодаря применению магнитов из кобальтовых и алюминидно-никелевых сплавов, а также за отсутствия передачи между магнитом и распределителем, необходимой в обычных магнето, магнето получились весьма компактными. Фирма, начавшая выпускать эти магнето под названием Vertex (Scintilla), не скупилась на заявления о «новой эре в зажигании», рекламируя в своих статьях новые магнето, призванные вытеснить на автомобиле батарейное зажигание.

Однако проверка показала, что начальные обороты этих магнето, т. е. минимальные обороты, при которых магнето начинает давать искру достаточной мощности, хотя и более низкие, чем у нормальных магнето, все же значительно выше, чем при батарейном зажигании. Для работы на очень больших оборотах они также мало пригодны. Кроме того, имея те же посадочные размеры, что и распределитель, они по своим характеристикам и по весу намного его превосходят. Делает установку подобных магнето в гнездо распределителя крайне ненадежной в механическом отношении. Шестерни привода распределителя рассчитываются обычно только на кинематическую передачу вращения, ибо вращающийся распределитель очень мал, поэтому

⁵ Фирмой Lucas разработано батарейное зажигание для спортивных и гоночных автомобилей, рассчитанное на малые обороты двигателя, что примерно в 2 раза превышает

ни, приводя магнето, изнашивались бы быстро. Для надежной установки вертикальных магнето посадочное место распределительно должно быть усилено, при этом отпадает главное положительное качество этих магнето — взаимозаменяемость с распределителями, так как, делая в двигателе специальную посадку для него, то рациональнее это посадочное место приваривать под нормальное магнето с горизонтальным валом, несравненно более надежное.

Таким образом вертикальные магнето наиболее целесообразно применять лишь в аварийных случаях (при отказе батарейного зажигания) и при использовании автомобильного мотора на установках, не снабженных аккумуляторными батареями.

Свечи служат для ввода в камеру сгорания двигателя электродов, между которыми в определенный момент проскакивает искра, воспламеняющая сжатую в камере горючую смесь. Свеча должна быть герметичной, и материалы, из которых она изготавливается, должны обладать достаточной электрической, механической и термической прочностью.

Изоляторы автомобильных свечей делаются керамическими и лишь в очень редких случаях (в двигателях из слюды). В Советском Союзе изоляторы автомобильных свечей делаются из слюды, хотя этот материал далеко не в достаточной степени отвечает требованиям эксплуатации в части механической и электрической прочности. Для облегчения размещения свечи на двигателе (это особенно важно при малых размерах камеры сгорания) желательнее уменьшение критических размеров свечи⁶. В свечах малого размера качество изолятора играет решающую роль, и при сохранении существующего материала двигателя автомобильная промышленность не может скоро ожидать хороших свечей малого размера.

Для уменьшения напряжения пробоя искрового промежутка некоторые фирмы делают к материалу электродов свечи (обычно никель) присадку мелко-земельных металлов, усиливающих электронную эмиссию, что снижает напряжение пробоя примерно на 10—12% и стабилизирует работу зажигания (уменьшает отклонения среднего напряжения пробоя).

Стартеры. Стартеры представляют собой в большинстве случаев нормальный серийный электродвигатель. Мощность стартера бензиновых двигателей колеблется в пределах от 0,8 до 1,5 л. с., выходясь у дизельных и газогенераторных двигателей до 6—9 л. с. Условия размещения стартера на двигателе требуют максимального уменьшения его габаритов и веса, и поэтому их приходится делать весьма напряженными как механически, так и электрически.

Более интересна не электрическая, а механическая часть стартера, а именно механизм сцепления с двигателем. Для получения нужного крутящего момента на валу двигателя передаточное отношение привода выбирается в пределах приблизительно от 10 до 20. Поэтому, когда двигатель за-

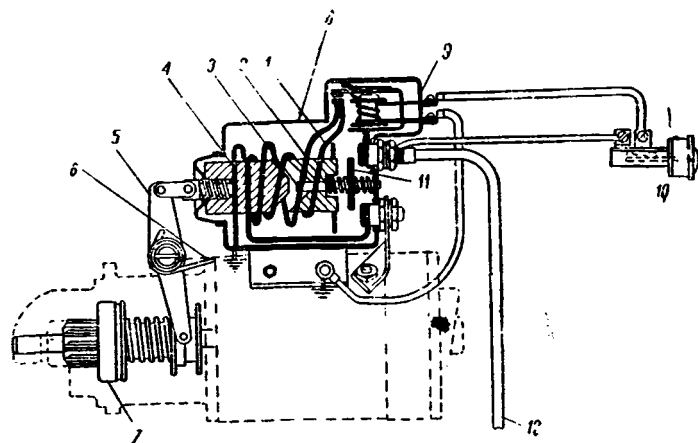


Рис. 8. Схема пускового устройства стартера.

1 — втягивающая обмотка; 2 — придерживающая обмотка; 3 — шток контакта; 4 — сердечник; 5 — рычаг; 6 — возвратная пружина; 7 — муфта свободного хода; 8 — соленоид; 9 — реле соленоида; 10 — вкл. контакты; 11 — контакты; 12 — к аккумулятору

ведется и разовьет хотя бы обороты холостого хода, т. е. 500—600 об/мин, вал стартера должен быть отъединен от двигателя, иначе якорь стартера может быть разнесен. Процесс разъединения шестерен происходит автоматически, или же привод стартера снабжается муфтой свободного хода, позволяющей шестерне свободно вращаться на валу стартера при изменении направления усилий (т. е. когда не стартер прокручивает двигатель, а двигатель начинает вести стартер).

Стартеры небольшой мощности, имеющие чисто механический привод (например инерционный привод Bendix), включаются большей частью выключателем, через который проходит полный ток стартера. Такие выключатели неудобны, так как требуют от водителя автомобиля приложения большой силы к своей подвижной части.

Для увеличения надежности включения и облегчения работы водителя последнее время делаются ко всем типам стартеров электромагнитные выключатели с дистанционным управлением (со щитка приборов автомобиля). Большое распространение получили стартеры, в которых специальный электромагнит не только замыкает главные контакты цепи стартера, но и при помощи рычажной передачи вводит шестерню стартера в зацепление с двигателем. Для того чтобы полностью автоматизировать процесс пуска, и этот электромагнит включается дистанционно небольшим реле, помещаемым на его корпусе (рис. 8). Ток срабатывания реле очень мал, и поэтому включение реле может производиться маленьким выключателем, который легко может быть пристроен к какому-либо механизму управления автомобилем (обычно педаль акселератора или сцепления), что уменьшает общее количество приборов, которыми должен манипулировать водитель.

При стартере на 24 В и аккумуляторах на 12 В в момент пуска аккумуляторы соединяются последовательно весьма громоздким ножным переключателем. С точки зрения эксплуатации было бы полезно и этот переключатель перевести на дистанционное управление, что может быть выполнено без большого труда.

Для облегчения запуска дизельных двигателей необходимо предварительно несколько нагреть ка-

Кроме того, в небольшой свече задерживается меньше горючих газов, разбавляющих свежую смесь [12].

меру сжатия двигателя, для чего служат калильные свечи. Чтобы сделать тело накала этих свечей механически достаточно прочным, они изготавливаются преимущественно на 2 V. Возможны два варианта выполнения этих свечей — однополюсный и двухполюсный. Применение однополюсных свечей на 2 V (второй конец накаливаемой спирали соединяется с корпусом свечи) вызывает необходимость в лишнем аккумуляторе на 2 V большой емкости (так как каждая свеча потребляет 30—40 А) со специальной цепью зарядки, что очень неудобно. Двухполюсные свечи, будучи немногим сложнее по конструкции, чем однополюсные, могут быть соединены между собой последовательно и питаться от обычного аккумулятора на 12 V, а это сильно упрощает схему электрооборудования (отпадает необходимость в дополнительном аккумуляторе и т. п.).

Рамки журнальной статьи не позволяют дать более широкого представления об описанных приборах. Автор пытался осветить хотя бы наиболее общие вопросы, связанные с тем или иным агрегатом, касаясь конструкции лишь там, где это казалось необходимым. Товарищи, желающие ознакомиться детальнее с предметом, могут почерпнуть интересующие их данные в специальной литературе, частично указанной в тексте.

В данной статье совершенно не затронута аппаратура остальных четырех групп (см. выше), опи-

санию которой из-за обилия материала должна быть посвящена специальная работа.

В заключение необходимо отметить ценную помощь, оказанную инж. Ю. М. Галкиным и В. Н. Акимовым при составлении этой статьи.

Литература

1. A. Mattes und F. Trautmann. Die Elektrische Ausrüstung des Kraftfahrzeuges. Teil II. Lichtmaschine und Batterie.
2. E. A. Watson. Electrical Equipment for Automobiles. Instit. of Automobile Engineers. Proceedings of the Session, 1933, Vol. XXVII.
3. R. M. Critchfield, SAE Journal № 4, Vol. 43, October 1938.
4. Арнольд и Ла-Кур. Курс машин постоянного тока. т. I.
5. Ф. Л. Сперанский. Электрооборудование автомобилей.
6. R. M. Critchfield. SAE Journal № 2, Vol. 41, August 1937.
7. H. Rebezzana and S. Calmar. Benefits from the gaps in spark plugs Automotive Industries № 7, Vol. 76, February 13, 1937.
8. H. Rebezzana and S. Calmar. Factors controlling engine combustion. Automotive Industries, March 2, 9, 16, 1937.
9. Electrical equipment. Automobile Engineer. November Vol. XXVII, № 364, 1937.
10. Coilignition at 10 000 R. P. M. Automobile Electrician, Jan. 1934.
11. W. Barlow. La bobine d'allumage Sax à bain d'Auto-Volt. Juillet № 109, 1938.
12. H. Rebezzana. Some Factors controlling part-load economy SAE Journal, № 6, Vol. 43, Dezember 1938.

Производство автотракторного электрооборудования и задачи исследовательской работы в СССР

Ю. М. ГАЛКИН

Москва

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ современного автомобиля состоит из значительного количества сложных и несущих ответственные функции аппаратов, исправная работа которых определяет надежность автомобиля в целом. В ранний период развития автомобиля (до 1914—1918 гг.) электрическая энергия применялась, главным образом, для зажигания рабочей смеси в цилиндрах двигателя электрической искрой. В соответствии с этим автомобили оборудовались только аппаратом зажигания (магнето); электрическое же освещение и запуск считались необязательными.

После мировой войны 1914—1918 гг. развитие коммерческой эксплуатации автотранспорта, требование безотказной работы автомобиля в любое время суток и года и общее развитие техники привели к тому, что не только зажигание, но и электрическое освещение и электрический стартер стали обязательной принадлежностью каждого автомобиля, легкового или грузового. Работа автомобиля стала теперь теснее связана с исправностью его электрооборудования: например, порча генератора или аккумуляторной батареи делала невозможной ночную эксплуатацию автомобиля, а

в случае применения батарейного зажигания и выводила из строя весь автомобиль.

За последнее десятилетие автомобиль подвергся большому конструктивному усовершенствованию, направленному к повышению надежности, скорости и комфортабельности езды. В соответствии с этим система его электрооборудования значительно усложнилась и пополнилась рядом дополнительных аппаратов: стеклоочистители, обогреватели лобового стекла (дефростеры), вентиляторы отогрева кузова, радиоприемники, парные сигналы, электрические закуриватели и т. п. Повышение надежности конструктивное совершенство аппаратов электрооборудования дали возможность отказаться от опасных механических средств. Так например, старые автомобили с 1936 г. уже не имеют заводных ручек, и запуск их двигателя производится только электрическим стартером; применение электрических топливных насосов и электрических магнитных механизмов для переключения передач, тормозов и руля также предполагает условно надежную работу всех аппаратов электрооборудования. Применение дизельных двигателей требует для запуска больших усилий,

возможность ручного запуска и опять ставит двигателя в полную зависимость от исправности электрооборудования. Поэтому электрооборудование современного автомобиля представляет собой органическую часть всей машины и играет такую же важную роль, как и системы (смазки, охлаждения, питания, смазки и т. п.) автомобильного двигателя и

поставщиком электрооборудования для тракторной промышленности является АТЭ-1, который изготавливает магнето, аппаратуру батарейного зажигания, генераторы, стартеры, электросигналы (гудки) и некоторую коммутационную аппаратуру (переключатели, кнопки и т. п.). До 1937 г. этот завод изготавливал все электрооборудование, кроме магнето, по типам американской фирмы Авто-Лайт, с которой был заключен договор по интехпомощи. Автомобильные магнето производятся до сих пор по типу магнето Сцинтилла 1928—1930 гг. (также по интехпомощи). В 1937 и 1938 гг. в связи с выпуском легковых автомобилей М-1 и ЗИС-101 завод АТЭ-1 стал выпускать генераторы, стартеры, аппаратуру батарейного зажигания новой, более совершенной конструкции. Для грузовых автомобилей ГАЗ, ЗИС и ЯГ-4 электрооборудование в настоящее время выпускается по старым типам. Генераторы. Для грузовых автомобилей изготавливается нормальный трехщеточный генератор ГБФ мощностью 80 W при напряжении 6 V с обратного тока типа ЦБ. Для трактора изготавливаются генераторы ГБТ—65 W и ГАУ—100 W, работающие на 6 V с регулятором напряжения типа Тирил-Л. Для легковых автомобилей выпускаются 3-щеточные генераторы типа ГМ—около 110 W (для ЗИС-101) и типа ГЛ (для ЗИС-101)—около 150 W, оба с регулятором напряжения. Для ограничения отдаваемого тока в цепь возбуждения этих генераторов при малой нагрузке включается добавочное сопротивление: для генератора ГМ вручную—переключателем света, для ГЛ—специальным, так называемым, реле света.

Для автобусов и троллейбусов выпускается генератор типа ГА 250 W, 12 V с регулятором напряжения. Кроме того, для мотоциклов выпускаются 2 типа трехщеточных генераторов—генератор ГМ—80 W и генератор Г-10—45 W; оба генератора имеют напряжение 6 V и позволяют уменьшить отдачу тока при дневной езде за счет выключения части обмотки возбуждения (у ГМ) или включения добавочного сопротивления в цепь обмотки возбуждения (у Г-10). Все перечисленные генераторы выполняются полностью закрытого типа, без вентиляции.

Общим дефектом генераторов является сравнительно быстрый износ коллектора и щеток. В тракторных генераторах ГБТ и ГАУ недостаточно надежно работает и часто выходит из строя регулятор напряжения (типа ВР).

По своим характеристикам выпускаемые трехщеточные генераторы не отвечают современным требованиям. Увеличение числа электроприборов, устанавливаемых на автомобиле последних выпусков, заставляет повышать мощность генераторов до 170—200 W. При такой мощности необходимо принимать меры для смягчения перезарядки аккумуля-

торной батареи при дневной езде. Однако обычно применяемый метод—включение сопротивления в цепь обмотки возбуждения—не является удовлетворительным, так как при недостаточном снижении величины отдаваемого генератором тока значительно повышаются обороты, при которых генератор начинает заряжать батарею. Между тем, современные автомобили имеют повышенную скорость до 120—125 km/h и требуют благоприятных характеристик генератора и зарядного тока батареи на большем диапазоне скоростей, чем раньше. Поэтому с увеличением мощности генераторов необходимо переходить от трехщеточной системы к системе с регулятором напряжения, что целиком подтверждается заграничной практикой.

Номенклатура генераторов недостаточна и не содержит более мощных генераторов для новых автобусов и автобусов междугородного сообщения.

В соответствии с этим предполагается в дальнейшем перевести все генераторы на ременный привод, что даст возможность выполнять их с внутренней вентиляцией и увеличить мощность при тех же габаритах на 40—50%. Оставив для грузовых автомобилей трехщеточный генератор типа ГБФ 80 W, в легковых автомобилях и автобусах предполагается перейти на новую серию шунтовых генераторов 170, 250, 400, 750 и 1200 W с регуляторами напряжения.

Возникает вопрос о целесообразности замены на тракторах генераторов постоянного тока с регулятором напряжения—генераторами переменного тока 60 W с постоянными магнитами, так как эта замена обеспечит вполне надежную и долговечную работу тракторного освещения.

Стартеры. Для грузовых, а также легковых автомобилей ГАЗ-М-1 изготавливается стартер типа МАФ 0,9 л. с., 6 V с максимальным моментом 1,8 kgm. Этот стартер имеет инерционный привод Бендикса и выполняется в различных модификациях. Для легковых автомобилей ЗИС-101 заводом АТЭ-1 выпущен новый тип стартера СЛ такой же мощности, как и стартер МАФ, но с механическим рычажным приводом и роликовой муфтой свободного хода и со вспомогательным включающим электромагнитом для дистанционного управления стартером (соленоидное включение). Для автобусов выпускается стартер МАФ-31 около 2 л. с., 12 V с приводом Бендикса.

В стартерах с инерционным приводом Бендикса, выпускаемых заводом АТЭ-1, слабым местом являются пружины и болты привода, в связи с чем поступает большое количество рекламаций. Вырабатываемые типы стартеров не покрывают потребности. Газогенераторные и дизельные машины, требующие мощных стартеров, обеспечены плохо. Привод Бендикса пригоден лишь для стартеров сравнительно небольшой мощности. В соответствии с существующей тенденцией к переходу на рычажный привод с муфтой свободного хода завод АТЭ-1 разработал и частично выпускает новую серию стартеров с механическим включением и электромагнитом для дистанционного управления.

Для грузовых автомобилей намечается оставить старые стартеры с инерционным включением типа МАФ мощностью 0,9 л. с. при 6 V.

Для легковых машин намечается применить стартеры 6 V той же мощности с механическим включением и роликовой муфтой свободного хода, снабженные включающим электромагнитом (примерно по типу СЛ).

Для мощных бензиновых двигателей, а также для газогенераторных и дизельных двигателей предполагается выпускать серию стартеров (с механическим рычажным приводом, фрикционной муфтой свободного хода и со включающим электромагнитом) следующих мощностей: 2,5 и 3,5 л. с. (12 V), 4,5 и 7 л. с. (24 V) и 15 л. с. (48 или 36 V).

Выполнение подобной программы полностью обеспечит потребность автотракторной промышленности в стартерах.

Батарейное зажигание. Завод АТЭ-1 выпускает бобины типа ИГ (6 V) и ЦФ (12 V) и 4 типа распределителей: ИГФ—4-цилиндровый без автомата для автомобиля ГАЗ-А, ИМ—4-цилиндровый с автоматом опережения—для М-1, ИГЦ—6-цилиндровый с автоматом—для ЗИС и ЯГ-4 и ИЛ—8-цилиндровый с автоматом—для ЗИС-101. Бобины по качеству хорошие, распределители же имеют дефекты: большой допуск на момент появления искры и износ втулок из-за неудовлетворительной смазки.

В настоящее время начинается выпуск распределителей с центробежным и вакуумным автоматом.

Магнето. Тракторные и автомобильные магнето типов СС-4 и СС-6 выпускаются по типу магнето Сцинтилла. Работают в эксплуатации надежно. На трактора магнето обычно ставятся с ускорительной муфтой нового типа. Ускорительная муфта старого типа (ПУ-33) работала неудовлетворительно и с производства снята.

Аккумуляторные батареи. Автомобильные аккумуляторы стартерного типа производятся Подольским аккумуляторным заводом. Выпускаются следующие основные типы: 80, 112 и 144 Ah, все на 6 V. Часть аккумуляторных батарей 12 V для специальных машин производится заводами Аккумуляторного треста.

Весьма низкое качество аккумуляторов Подольского аккумуляторного завода чрезвычайно болезненно отзывается на эксплуатации автотранспорта и вызывает большие простои. Главнейшие дефекты выпускаемых аккумуляторов следующие: чрезвычайно низкая прочность пластмассовых сосудов (наибольший процент выхода аккумуляторов из строя—поломка и трещины сосудов); низкое качество деревянных сепараторов, сокращающее срок службы аккумулятора; повышенное внутреннее сопротивление аккумулятора, что в связи с характеристиками применяемых трехщеточных генераторов вызывает ненормальное повышение напряжения в сети автомобиля и в несколько раз сокращает срок службы автомобильных ламп; неудовлетворительные разрядные характеристики при низкой температуре.

Необходимо отметить, что выпускаемые автомобильные аккумуляторы как по конструкции, так и по характеристикам сильно отстают от современных заграничных типов.

Первоочередной и неотложной задачей является значительное повышение срока службы и прочности выпускаемых аккумуляторов. Исключительно

низкое качество пластмассовых баков из асбестового пека привело к тому, что повышение срока службы пластин и сепараторов, качество которых также невысоко, само по себе не даст эффекта, если одновременно не будут резко улучшены и другие детали аккумулятора. Намечающийся переход на прессованные эбонитовые баки «блоч» должен разрешить проблему и его необходимо всемерно форсировать. Далее ольховая рация должна быть заменена более стойкой.

Наилучшей сепарацией является мипор (мипористая резина), но он вообще дорог; у нас в Союзе мипор лишь начинает осваиваться, и в настоящее время его стоимость ненормально высока. Поэтому, форсируя освоение мипора и стремясь к снижению его стоимости, целесообразно в настоящее время применять для более качественной сепарации кедр.

Вторая задача—также чрезвычайно важно улучшение электрических характеристик стартерных аккумуляторов, а именно: уменьшение внутреннего напряжения и повышение емкости и разрядного напряжения при низкой температуре окружающего воздуха—20° С. Эти характеристики сильно зависят от скорости диффузии электролита в порах пластин и для улучшения характеристик следует применять тонкие и весьма пористые пластины.

Имеющиеся стандарты и технические условия на стартерные аккумуляторы не отражают требований к их электрическим характеристикам в достаточной мере. Работники аккумуляторных заводов не изучают подробно условий работы аккумуляторной батареи в системе электрооборудования автомобиля. Внимание заводов сосредоточивается только на вопросе повышения срока службы аккумуляторов, в результате чего принимаются односторонние, неправильные решения. Например, предложение применять более толстые пластины для увеличения срока службы, верно, ухудшит и без того неудовлетворительные электрические характеристики стартерных аккумуляторов и вряд ли явится допустимым. Предотвращения этого необходимо переработать стандарты и технические условия на стартерные аккумуляторы, введя в них нормы на зарядное напряжение, а также и на разрядный режим с большим током при низкой температуре.

Освещение (фары). Освещение дороги перед автомобилем представляет собой весьма сложную и не вполне еще разрешенную проблему. Основная трудность заключается в том, что необходимо получить хорошее освещение дороги на 150—200 м, позволяющее езду ночью с большой скоростью, и в то же время избежать ослепляющего действия на водителей встречных машин. Кроме того, самостоятельной проблемой является освещение для езды в тумане.

Пржектора современного автомобиля—фары—перераспределяют световой поток лампы при помощи параболического рефлектора и системы линз—рассеивателя; при этом все элементы—лампа, рефлектор и рассеиватель—должны изготавливаться по специальному оптическому расчету и представлять собой единую оптическую систему, выполняемую с большой точностью.

В СССР основное количество автомобильных фар (корпус, патрон и рефлектор) выпускается Ярославским заводом «Красный Октябрь», рассеиватели (линзы) к ним поставляются стекольными заводами Главтехстекло, а лампы — Московским электроламповым заводом. Фары изготавливаются по оптическому расчету и контролю, путем проб и копировки заграничных образцов; необходимость точности обработки не выдерживается, отдельные элементы (патрон, лампа, рефлектор) не согласованы. Благодаря этому качество фар, с точки зрения их светораспределения и правильного использования светового потока, весьма низкое; не давая хорошей освещенности на повороте дороги, они имеют большое слепящее действие. Завод, производящий фары, совершенно не интересуется улучшением их качества.

Киржачский завод «Красный Октябрь» поддается к изготовлению фар, как к металлоизделию, точность выполнения отражателей или даже таких простых деталей, как патрон для лампы, низка; в результате лампа в патроне (малый зазор) шатается настолько, что ее невозможно регулировать; фланцевые патроны выполняются также грубо. Рассеиватели (линзы) также выполняются с недостаточной точностью. Лампы имеют слишком широкие допуски на размеры и положение тела накала; кроме того, недостаточно решен вопрос о целесообразном выборе расчетного напряжения автоламп.

Вследствие почти полного отсутствия изучения методов оптического расчета фар и влияния грубостей в изготовлении оптики на светораспределение и к. п. д. никто не может авторитетно указать необходимую степень точности изготовления отражателей и рассеивателей, также и других деталей фар. Поэтому здесь необходимо начинать с организации научно-исследовательской работы. Завод же, изготавливающий и собирающий фары, должен производить их и технические испытания.

Вспомогательное электрооборудование. В эту группу входят: а) сигналы поворота и пр., б) нагревательные и отопительные приборы (обогреватели стекол — дефростеры, закуриватели и др.), измерительные приборы — амперметры, электрические бензоуказатели, электрочасы, г) вспомогательные электромагнитные сервомеханизмы и т. п. Амперметры и бензоуказатели, производимые заводом «Автоприбор», по качеству выполнения ниже всякой критики. В целом производство этой группы предметов электрооборудования не налажено совершенно.

Мотоциклетное электрооборудование, не представляя чего-либо принципиально иного по сравнению с автомобильным электрооборудованием, не менее сильно отличается от последнего и по мощности агрегатов, так и по их конструктивному выполнению. Наши заводы уделяют мотоциклетному электрооборудованию очень мало внимания. Завод АТЭ выпускает лишь два типа мотоциклетных генераторов, бобину, прерыватель, сигнал — гудок медальонного типа (плоский) и переключатель. Кроме того, начинается выпуск магдино (комбинированного магнето и генератора). Большинство же аппаратов электрооборудования мотоциклетные заводы вынуждены

производить сами или подбирать случайные аппараты из производимого для других целей электрооборудования.

Свечи. Автотракторные свечи производились заводом им. Калинина № 4, для которого это производство является побочным. Производство такой важной детали электрооборудования поставлено без серьезной экспериментальной и исследовательской работы, в результате чего выпускаемые типы свечей совершенно не обеспечивают потребностей автотракторной промышленности, и подобрать наиболее подходящую свечу к двигателю при изменении его характеристик или режима работы почти не из чего.

Необходимо заново создать серию автотракторных свечей, достаточно широкую и с мелкой градацией по тепловой характеристике; кроме серии свечей нормального размера, необходима разработка аналогичной серии 14 мм свечей, а также и выпуск свечей меньших размеров. В связи с этой задачей необходимо в первую очередь разработать и стандартизовать метод определения и маркировки тепловой характеристики свечей.

Далее, в связи с широким применением радиоприемников на современных автомобилях, желателен выпуск свечей с «антипаразитным» сопротивлением, заделанным внутрь изолятора.

Фарфоровый завод им. Ломоносова, изготавливающий для автотракторных свечей стеатитовые изоляторы, проявил также полную безучастность к повышению качества свечей и расширению их номенклатуры, сопротивляясь введению желательных изменений формы и типов изоляторов, не интересуясь изучением работы свечей на двигателе. Яркой иллюстрацией служит попытка этого завода... стандартизовать три типа изоляторов свечей: автомобильный, тракторный и мотоциклетный, что свидетельствует о неграмотности автора проекта стандарта в элементарных вопросах автотракторного электрооборудования.

Для ликвидации подобного недопустимого положения необходимо найти настоящего хозяина производству автотракторных свечей и обеспечить свечной завод хорошей лабораторией и возможностью широко экспериментировать с опытными сериями и образцами свечей.

Необходимо отметить весьма ценную работу, проделанную НАТИ (Научным автотракторным институтом). Работники института Б. Ф. Конев и М. К. Прошинский по своей инициативе совместно с другими сотрудниками разработали серию 18 мм свечей и ведут в настоящее время разработку серии 14 мм свечей. Подобное начинание заслуживает самой энергичной поддержки.

Приспособления и инструменты для профилактики и ремонта электрооборудования. В целях правильной и культурной эксплуатации необходимы контрольно-испытательные приборы, приспособления и инструменты для разборки и ремонта. Наличие перечисленных приспособлений играет огромную роль для успешной эксплуатации автотранспорта. В каждом автохозяйстве должны иметься: испытательный стенд для испытания и регулировки генераторов, стартеров и аппаратов зажигания, приборы для ухода за аккумуляторными и их контроля, необходимый спе-

циальный инструмент и т. п. Между тем заводы, производящие автотракторное электрооборудование, не выпускают контрольно-испытательных, профилактических и ремонтных приспособлений, и достать их в продаже невозможно. Необходимо со всей остротой поставить вопрос о производстве контрольно-испытательной ремонтной и профилактической аппаратуры на специальном заводе в масштабах, обеспечивающих гигантски растущий автотракторный парк СССР.

Задачи научно-исследовательской работы. Развитие производства, совершенствование качества и характеристик электрооборудования, как видно из предыдущего, сильно тормозится плохой организацией научно-исследовательской работы. Автотракторное электрооборудование до сих пор почти совершенно не привлекало внимания наших научных работников и инженеров-электриков. Между тем вопросы, подлежащие исследованию в этой области, весьма сложны.

Начало научно-исследовательской работе в области автотракторного электрооборудования было положено акад. В. С. Кулебакиным, который организовал в 1925 г. в Государственном экспериментальном электротехническом институте (ныне ВЭИ) группу, работавшую по вопросам авиационного и автотракторного электрооборудования, и вырастил основные кадры работников этой специальности. В 1932 г. группа автотракторного электрооборудования в ВЭИ была ликвидирована, и в настоящее время центра, координирующего и планирующего научную работу в этой области, нет.

Научно-исследовательская работа по автотракторному электрооборудованию ведется заводами (АТЭ, Аккумуляторный, ГАЗ, ЗИС), некоторыми институтами (НАТИ, ВЭИ, Государственный оптический институт — ГОИ) и вузами ведется разрозненно, без взаимной информации и увязки. Работа над новыми проблемами почти отсутствует.

По отдельным областям наиболее необходимы следующие научно-исследовательские работы.

1. Разработка норм и методов испытаний стартерных аккумуляторов, отражающих требования к аккумуляторам при низких температурах.

2. Улучшение конструкции и качества аккумуляторных пластин и сепараторов.

3. Разработка щелочного стартерного аккумулятора.

4. Совершенствование регуляторов напряжения автомобильных генераторов и разработка типов безрегуляторных генераторов постоянного тока с более совершенной характеристикой, нежели трехщеточные генераторы (например, с использованием постоянных магнитов и с несколькими обмотками возбуждения и т. п.).

5. Совершенствование типов тракторных генераторов переменного тока с постоянными магнитами.

6. Разработка новых стартерных приводов (типа электромагнитной муфты и др.).

7. Исследование изменения напряжения в сети автомобиля и разработка мер для обеспечения нужного зарядного режима аккумуляторной батареи при любых температурах, но с сохранением

нормального расчетного напряжения на лам

8. Разработка теории и расчета регуля

напряжения автотракторных динамомашин.

9. Подробная разработка теории и ра

магнето.

10. Применение высококоэрцитивных стал

конструкции магнето.

11. Исследование процесса воспламен

смеси и воспламеняющей способности искры.

12. Разработка методики испытания свечей

особенно, метода определения их тепловой

характеристики.

13. Разработка твердых норм освещени

дороги, светораспределения и методов испыт

фар.

14. Разработка расчета оптической системы

томобильных фар.

15. Исследование влияния цветного освещ

на слепимость и езду в тумане.

16. Разработка образцов противотуманных

17. Изучение слепимости и разработка м

дов борьбы с ней.

18. Применение поляризованного света

автофар.

19. Проблема надежного освещения в тум

белого или цветного.

Для разрешения поставленных задач необ

димо в дальнейшем организовать комплекс

поставленную научно-исследовательскую раб

В координации и научном направлении все

следовательской работы по автотракторн

электрооборудованию должна принять актив

организующее участие Академия наук СССР,

которая до сих пор стоит в стороне от этого в

ного дела.

Вопросы стандартизации в автотракторном электрооборудовании. Положение со стандартизацией в автотракторном электрооборудовании совершенно неудовлетворительно.

Стандарты на свечи и автолампы устарели, нуждаются в переработке. Большинство стандартов (шесть из десяти) стандартизуют готовую продукцию завода АТЭ и являются в сущности техническими условиями на определенный издeлия. Нормалам, посадочным и крепежным размерам посвящен один стандарт.

Необходимо в первую очередь разработать стандарты и нормы по следующим объектам автотракторного электрооборудования.

1. Посадочные места: фланцы стартеров и генераторов, концы валов генераторов, стартеры и аппаратов зажигания, хвостовики распределителей батарейного зажигания, внешние диаметры и посадочные размеры стекол для фар и т. д.

2. Нормали: наконечники проводов, болты, клеммы, штепселя, патроны, цоколя автоламп.

3. Нормы: светотехнические требования и нормы к фарам, нормы освещения номерных знаков, нормы цветности и силы света сигналов, нормы на освещение дорог, нормы и методы испытания стартерных аккумуляторов, нормы испытания механической прочности фар, щитков, приборов и т. д., нормы расцветки проводов.

Разработку этих стандартов и норм необходимо увязать с соответствующими международными стандартами.

Аналитические методы исследования рабочего процесса магнето

С. Н. ЧУБАЕВ

Московский завод АТЭ-1

УРАВНЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ТОКА. Осветив в предыдущей статье¹ вопросы, относящиеся к кривым магнитного потока и указав предварительно на связь между током разрыва первичной обмотки и максимальным вторичным напряжением, перейдем к уравнениям первичного тока магнето. Применяя теорию батарейного зажигания, найдем следующую зависимость:

$$i_{1\max} = I_{1p} \frac{W_2}{W_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2 C_2}} \cdot \frac{\arctg \sqrt{\frac{4R^2 C}{L} - 1}}{\sqrt{\frac{4R^2 C}{L} - 1}}.$$

Из которой видим, что максимальное вторичное напряжение пропорционально току разрыва I_{1p} первичной цепи, для неизменных параметров магнето. Здесь следует отметить, что хотя применение теории батарейного зажигания к рабочему процессу магнето общепризнано, но, строго говоря, оно не обосновано; опыт все же показывает, что приближенно

$$E_{2\max} \approx k I_{1p}.$$

Поэтому понятно стремление получить подсчет кривую тока первичной цепи и таким образом предугадать основные рабочие характеристики магнето.

В дальнейшем необходимо иметь в виду следующие особенности магнето, как электрической машины:

1) магнитный поток якоря создается при помощи постоянного магнита; 2) индуктивность системы резко изменяется за время рабочего цикла; 3) рабочий процесс магнето сходен с установившимся процессом к. з. генераторов переменного тока, причем рабочее напряжение вторичной обмотки достигает необходимых величин в момент разрыва контактов первичной цепи. При выводе уравнений первичного тока мы не будем учитывать реактивного действия ампер-витков первичной обмотки на м. д. с. постоянного магнита.

При вращении ротора для первичной цепи при разомкнутом ее состоянии и разомкнутой вторичной обмотке имеет место следующее соотношение:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt} = i_1 R_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 \frac{dL_1}{dt}, \quad (a)$$

Φ — поток, сцепленный с обмоткой;

W_1 — число витков,

R_1 — омическое сопротивление и индуктивность первичной обмотки.

Вторичная обмотка разомкнута, поэтому ее можно считать емкостным зарядным ток) на коротко-

замкнутую первичную цепь можно пренебречь.

Если пренебречь изменением индуктивности — положить $L_1 = \text{const}$, интеграл этого уравнения будет:

$$i_1 = e^{-\int \frac{R_1}{\omega L_1} d\alpha} \left\{ -\int \frac{W_1}{L_1} \frac{d\Phi}{d\alpha} e^{\int \frac{R_1}{\omega L_1} d\alpha} d\alpha + C \right\}. \quad (1)$$

Здесь: $d\alpha = \omega dt$, где ω — электрическая угловая скорость. Кривую магнитного потока мы разбили на два интервала²:

$$\Phi_\alpha = \Phi_{\max} \left[1 - \frac{e^{p\alpha}}{e^{p \cdot 1,57}} \right] \quad (2)$$

и

$$\Phi_\beta = -\Phi_{\max} [1 - e^{-p\beta}]. \quad (3)$$

В этих соотношениях p — параметр, определяющийся формой кривой потока.

Для первого интервала уравнение (1) дает:

$$i_\alpha = \frac{p\omega W_1 \Phi_{\max}}{(p\omega L_1 + R_1) \cdot e^{p \cdot 1,57}} \left\{ e^{p\alpha} - e^{-\frac{R_1}{\omega L_1} \alpha} \right\}. \quad (4)$$

Вообще говоря, для определения постоянной интегрирования C следует знать угол α_0 (рис. 1), соответствующий моменту замыкания контактов, когда $i_\alpha = 0$.

Однако для уравнения (4) мы приняли, что $\alpha_0 = 0$, т. е. замыкание контактов происходит в момент максимума магнитного потока. Этот случай соответствует наилучшему использованию магнитного потока.

Для второго интервала постоянная интегрирования определяется из условия, что в начале этого интервала ($\beta = 0$)

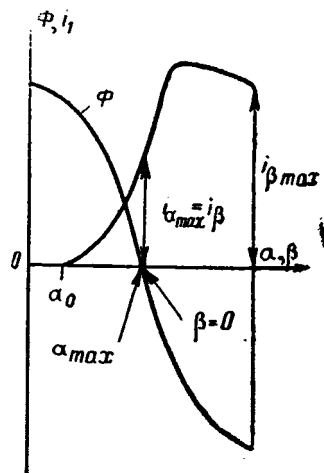


Рис. 1

$$i_{\beta=0} = i_{\alpha\max} = \frac{p\omega W_1 \Phi_{\max}}{(p\omega L_1 + R_1) \cdot e^{p \cdot 1,57}} \left\{ e^{p \cdot 1,57} - e^{-\frac{R_1}{\omega L_1} \cdot 1,57} \right\} \approx \frac{p\omega W_1 \Phi_{\max}}{p\omega L_1 + R_1}.$$

Последнее соотношение и уравнения (1) и (3) дают следующее выражение для тока во втором интервале:

$$i_\beta = \frac{p\omega W_1 \Phi_{\max}}{p\omega L_1 - R_1} \left\{ \frac{2p\omega L_1}{p\omega L_1 + R_1} \cdot e^{-\frac{R_1}{\omega L_1} \beta} - e^{-p\beta} \right\}. \quad (5)$$

Следует отметить, что при подсчетах i_3 по формуле (5) всегда можно подобрать обороты, при которых $p\omega L_1 - R_1$ будет стремиться к очень малой величине, так что выражение $\frac{p\omega W_1 \Phi_{\max}}{p\omega L_1 - R_1}$

примет очень большие значения и расчетные значения тока значительно превзойдут действительные. Объяснение этому следует искать в том, что практически $L_1 = f(\alpha, \beta, i_3)$, и изменение индуктивности по углу и в зависимости от тока всегда нарушают равенство $p\omega L_1 \approx R_1$.

На рис. 2 и 3 сопоставлены осциллограммы магнето RB-P4 с расчетными кривыми тока, причем нетрудно видеть, что расхождение по амплитудам может быть объяснено принятым допущением о постоянстве индуктивности первичной обмотки.

Переходим к анализу уравнений первичного тока, что даст возможность решить некоторые практические вопросы эксплуатации и испытаний и понять влияние отдельных параметров магнето на его рабочие характеристики. Последнее обстоятельство имеет очень большое значение и вполне оправдывает аналитический метод исследования рабочего процесса.

Предварительно необходимо отметить, что все существующие типы магнето обеспечивают ток разрыва, достаточный для образования вторичного напряжения в 9–11 kV, лишь во втором интервале, поэтому все исследования будут отнесены к формуле (5). Согласно (5), угол, соответствующий максимуму тока,

$$\beta_{i_{\max}} = \omega L_1 \frac{\ln \left(\frac{p\omega L_1 + R_1}{2R_1} \right)}{p\omega L_1 - R_1}. \quad (6)$$

Этот угол необходимо знать для расчета прерывательного механизма.

При угле $\beta_{i_{\max}}$ и $\omega L_1 \gg R_1$

$$i_{\max} \rightarrow \frac{2W_1 \Phi_{\max}}{L_1}.$$

К этому же результату можно прийти, полагая в (5)

$$p\omega L_1 \gg R_1$$

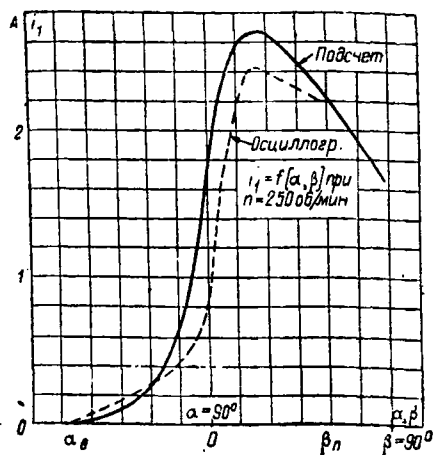


Рис. 2

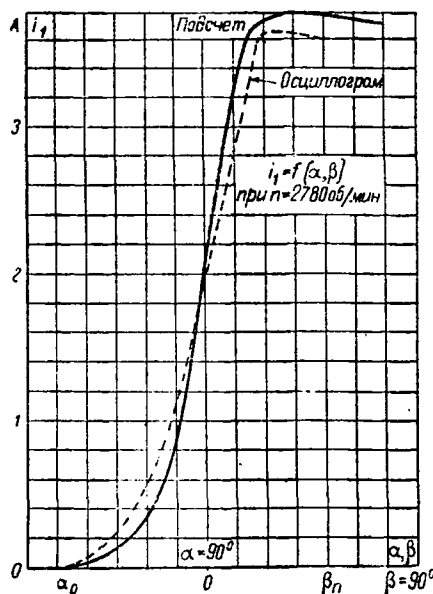


Рис. 3

и $\beta > 20^\circ$ эл., так как при этом $\epsilon - p\beta$ почти влияет на результат.

Очевидно, если положить $R_1 \approx 0$, то при малых оборотах $i_{\max} \leq \frac{2W_1 \Phi_{\max}}{L_1}$, при углах $\beta > 20^\circ$ обычно же приводят для начальных оборотов формулу: $i_1 \approx \frac{e_1}{R_1}$, которая неверна.

На рис. 4 даны кривые $i_{\max} = f(n)$, вычисленные по формуле (5) и полученные из осциллограмм.

Переходим к выяснению влияния сопротивления первичной обмотки на величину тока разрыва. Из предыдущего и формулы (5) нетрудно видеть, что увеличение R_1 приводит к уменьшению тока разрыва.

На рис. 5 для магнето RB-P4 построены кривые тока i в зависимости от R_1 для значений β .

Из рисунка видно, что сопротивление первичной обмотки сказывается на величине тока разрыва тем сильнее, чем больше угол β .

Очевидно, всякое изменение числа оборотов n_{\min} должно сопровождаться таким изменением R_1 , чтобы ток разрыва остался тем же, то есть сохранялись условия образования вторичного напряжения. Удовлетворяющее этому требованию соотношение между сопротивлением и угловой скоростью имеет такой вид:

$$R_x = \frac{\omega L_1}{p_0} \ln \frac{2p\omega L_1}{(p\omega L_1 + R_1) \left[\frac{i_3 (p\omega L_1 - R_1)}{p\omega W_1 \Phi_{\max}} + \epsilon - p\beta \right]}.$$

В частности, если пренебречь R_1 по сравнению с $p\omega L_1$, R_x , как легко видеть из (7), будет пропорционально ω . Действительно, опыты, проведенные автором с магнето фирмы Сцингма типа GN, установили почти линейную зависимость между n_{\min} и R_1 .

Рассмотрим теперь влияние формы кривой магнитного потока на величину тока разрыва.

Роль формы кривой потока сводится к следующему.

При высоких оборотах, когда $p\omega L_1 \gg R_1$, форма кривой, а следовательно, и параметр p не имеют существенного значения, так как процесс протекает настолько быстро, что сопротивление не успевает поглотить заметного количества энергии.

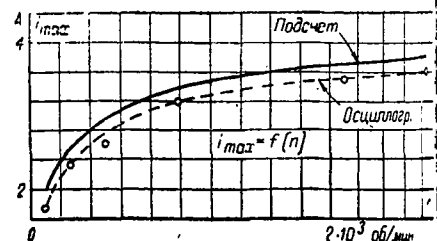


Рис. 4

при начальных же оборотах, когда $\frac{R_1}{\omega L_1}$ велико (мало), чем больше p и, следовательно, меньше $\varepsilon^{-p\beta}$, тем больше максимум тока. Влияние параметра p на ток разрыва при начальных оборотах невелико, так как затухание тока, определяемое в основном величиной $\varepsilon^{-\frac{R_1}{\omega L_1}\beta}$, мало зависит от p , особенно при позднем зажигании.

В заключение приведем формулу для эффективного значения тока за рабочий цикл магнето:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \left\{ \int_0^{T_a} i_a^2 dt + \int_{T_a}^{T_3} i_p^2 dt \right\}}.$$

При этом пользуясь формулами (4) и (5),

$$I_{eff} = \frac{p\omega L_1 \Phi_{max}}{p\omega L_1 + R_1} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{2p} + \left(\frac{2p\omega L_1}{p\omega L_1 - R_1} \right)^2 \left[\frac{\omega L_1}{2R_1} \left(1 - \varepsilon^{-\frac{2R_1}{\omega L_1}\beta} \right) + \left(\frac{p\omega L_1 + R_1}{2p\omega L_1} \right)^2 \cdot \frac{1 - \varepsilon^{-2p\beta}}{2p} - \frac{1}{p} \cdot \left(1 - \varepsilon^{-\left(p + \frac{R_1}{\omega L_1}\right)\beta} \right) \right] \right\}}. \quad (8)$$

При позднем зажигании ($\beta \geq 60^\circ$ эл. $\geq 1p$) можно пренебречь весьма малыми величинами:

$$\varepsilon^{-2p\beta} \leq 0,003; \quad \varepsilon^{-\left(p + \frac{R_1}{\omega L_1}\right)\beta} \leq 0,03 \quad \text{и} \quad \frac{1}{2p}.$$

Формула упрощается.

На рис. 6 приведены опытная и расчетная кривые $I_{eff} = f(n)$. Превышение расчетных значений при больших оборотах вызвано пренебрежением токами Фуко.

Изменения индуктивности. Выше было отмечено, что для расчета первичного тока при начальных оборотах следует учесть зависимость индуктивности L от угла поворота ротора (влияние насыщения цепи якоря). В касаясь расчета кривой $L = f(\alpha, \beta, I_1)$ [что принципиально не отличается от расчета кривой магнитного потока $\Phi = f(\alpha, \beta)$], приведем экспе-

риментальный материал, полученный при испытании магнето RB-P4.

Измерение индуктивности при различных положениях ротора и при разных значениях тока производилось на постоянном токе флюксметром.

Полученное этим способом семейство кривых $L = f(\alpha, \beta, I)$ дано на рис. 7. Далее, из всего семейства кривых необходимо было получить одну

кривую $L = f(\alpha, \beta)$ (рис. 8), которая одновременно учитывала бы ток. Для этого был произведен подсчет тока по формулам (4) и (5) для n_{min} и выбрано L для каждого угла, учитывая кривую тока $i_{a3} = f(\alpha, \beta)$, полученную при $L = const$. Затем нам удалось подобрать аналитические выражения для обоих интервалов (α, β) кривой $L = f(\alpha, \beta)$.

Для интервала α эквивалентная кривая будет:

$$L_a = L_{min} \left[1 + \frac{\varepsilon^{m\alpha}}{A} \right], \quad (9)$$

где $m = p = 4,6$; $A = 10^3$; $L_{min} = 12$ мН.

Для второго интервала:

$$L_p = L_{max} [1 - k\beta], \quad (10)$$

где $k = 0,3$.

Уравнение (9) позволяет написать интеграл

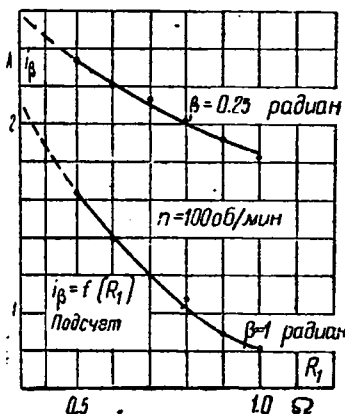


Рис. 5. Зависимость тока разрыва от сопротивления первичной обмотки для $n = 100$ об/мин, полученная расчетом для магнето RB-P4

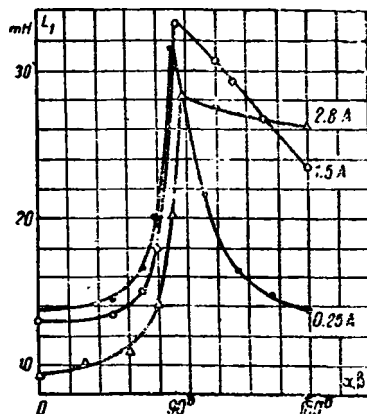


Рис. 7. Зависимость индуктивности от угла для разных токов (магнето RB-P4)

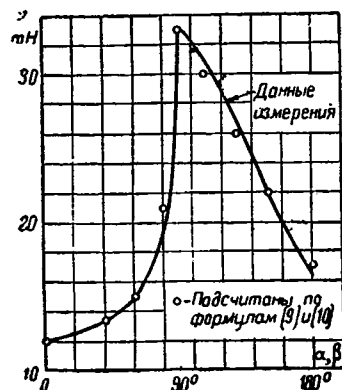


Рис. 8. Зависимость индуктивности от угла и тока для n_{min} (магнето RB-P4)

исходного дифференциального уравнения (а) в таком виде:

$$i_a = \frac{(1 + A\varepsilon^{-m\alpha})^{\frac{R_1}{m\omega L_{\min}}}}{A + \varepsilon^{m\alpha}} \times \left\{ \frac{pAW_1\Phi_{\max}}{L_{\min} \cdot \varepsilon^{p+1,57}} \int \frac{\varepsilon^{p\alpha}}{(1 + A\varepsilon^{-m\alpha})^{\frac{R_1}{m\omega L_{\min}}}} \cdot d\alpha + C \right\}. \quad (11)$$

Как мы уже говорили, учитывать непостоянство индуктивности имеет смысл лишь для начальных оборотов, когда предположение $L = \text{const}$ дает значительные ошибки. Для этого диапазона оборотов мы можем, задавшись n_{\min} , вычислить подинтегральную функцию. Это позволяет нам упростить интеграл и заменить подинтегральную функцию экспонентой, положив

$$y = \frac{\varepsilon^{p\alpha}}{(1 + A\varepsilon^{-m\alpha})^{\frac{R_1}{m\omega L_{\min}}}} = B\varepsilon^{r\alpha}, \quad (12)$$

где B, r определяется в результате вычисления y .

Подобные выкладки для рассматриваемого магнето RB-P4 при $n_{\min} = 100$ об/мин дали:

$$B = 5,43 \cdot 10^{-3}, \quad r = 6,49.$$

В результате всех упрощений получаем для магнето RB-P4

$$i_a = \frac{[1 + 10^8 \cdot \varepsilon^{-4,6\alpha}]^{0,673}}{10^8 + \varepsilon^{4,6\alpha}} \cdot \{0,0805 \cdot \varepsilon^{6,49\alpha} - 0,336\} \text{ А.} \quad (13)$$

Постоянная интегрирования была определена из условия:

$$\alpha_0 = 14^\circ, \quad i_{\alpha_0} = 0.$$

Переходим ко второму интервалу. Подставляя в дифференциальное уравнение L_β из (10) и Φ_β из (3), находим:

$$i_\beta = [1 - k\beta]^{N-1} \left\{ \frac{W_1 p \Phi_{\max}}{L_{\max}} \int \varepsilon^{-p\beta} (1 - k\beta)^{1-N} d\beta + C \right\}, \quad (14)$$

где

$$N = \frac{R_1}{k\omega L_{\max}}.$$

Разлагаем подинтегральную функцию $(1 - k\beta)^{1-N}$ в ряд по биному, ограничиваясь четырьмя членами, так как $k^4 \ll 1$. После надлежащих преобразований получаем:

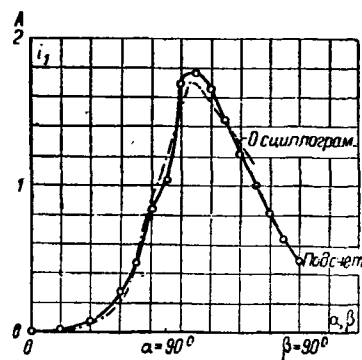


Рис. 9. Изменение первичного тока по углу для $n = 100$ об/мин (магнето RB-P4)

$$i_\beta = (1 - k\beta)^{N-1} \left\{ i_{\alpha_{\max}} + \frac{W_1 \Phi_{\max}}{L_{\max}} \left\{ 1 + (N-1) \frac{k}{p} - (N-1)(N-2) \left(\frac{k}{p} \right)^2 + (N-1)(N-2)(N-3) \left(\frac{k}{p} \right)^3 - \varepsilon^{-p\beta} \left[1 + \frac{N-1}{1} \cdot \frac{k}{p} \cdot (1 + p\beta) - \frac{(N-1)(N-2)}{1 \cdot 2} \left(\frac{k}{p} \right)^2 \cdot (1 + (1 + p\beta)^2) + \frac{(N-1)(N-2)(N-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cdot \left(\frac{k}{p} \right)^3 \right] \right\} \right\} \times \times (5 + 3p\beta + (1 + p\beta)^3) \Bigg\} \text{ А.}$$

Для определения постоянной интегрирования при $\beta = 0$, $i_{\beta=0} = i_{\alpha_{\max}}$. Формула (13) дает $i_{\alpha_{\max}} = 1,04$ А. Кстати сказать, если полагать индуктивность неизменной, получается $i_{\alpha_{\max}} = 2,01$ А.

Для магнето RB-P4 и $n = 100$ об/мин

$$L_\beta = 33 \cdot 10^{-3} (1 - 0,31\beta),$$

$$N = \frac{0,780}{0,31 \cdot 2 \cdot 33 \cdot 10^{-3}} = 3,64; \quad \frac{k}{p} = 0,0675.$$

Результаты вычисления i_β даны на рис. 9, на котором для сравнения приведена осциллограмма. Как видно, ошибка по амплитудам не превышает 5% для обоих интервалов.

Таким образом можно считать, что подстановка кривой первичного тока по уравнениям (13) и (14) вполне удовлетворяет техническим требованиям. Для дальнейшего уточнения результатов следует учесть реакцию якоря и потери на токи Фру

Исследование потенциала искрообразования на электродах свечи

Р. Б. ТУМАНОВ
Московский завод АТЭ-1

КОЛИЧЕСТВЕННОГО определения влияния целого ряда факторов на величину пробивного напряжения искрового промежутка свечи было проведено исследование малых искровых промежутков специальных родов и авиационных свечей в лабораторных условиях.

Исследовалось влияние следующих факторов: длины искрового промежутка, давления и температуры газа, материала, формы и температуры электродов, полярности электродов и скорости приложения напряжения к ним.

Исходные электроды испытываемых свечей были выполнены из никелевой проволоки, центральный электрод — из нержавеющей стали и никель-бариевых сплавов.

Электрод из испытываемого сплава ввертывается в стержень свечи, между центральным электродом и боковым устанавливается зазор 0,32 мм при помощи щупа.

Для исследования потенциала искрообразования при повышенной температуре электродов изготовили свечу МГ, на центральный электрод которой была намотана нагревательная катушка из нихромовой проволоки. Свечу ввернули в специальную камеру, которая герметично закрывалась, что позволяло поднимать давление воздуха внутри камеры до 10 ат и выше.

Для измерения температуры центрального электрода стержень свечи сверлился канал диаметром 1,5—2 мм. В канал закладывалась изолированная в кварцевых или фарфоровых трубках никель-хромовая термопара (диаметр проволоки 0,2 мм), которая своим спаем упиралась в поверхность электрода.

Пробивные напряжения искровых промежутков определялись при переменном токе и 50 Hz и при импульсном напряжении от катушки магнето частоты 2500 Hz.

Измерение напряжения на электродах свечи при прожигании искры между ними производилось шариковым зарядником с микрометрическим приспособлением; шарики освещались светом кварцевой лампы. Этот метод позволяет измерять напряжение с точностью до 3%.

На рис. 1 изображена схема электрических соединений.

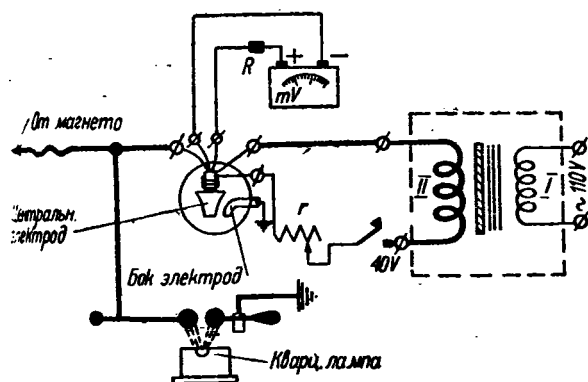


Рис. 1

Длина искрового промежутка. Поле, создаваемое электродами свечи, неравномерно и, следовательно, пробивное напряжение промежутка непропорционально длине его. Даже, искровые промежутки свечей по своим размерам относятся к типу малых промежутков (до 1 мм). Как известно, при небольшом расстоянии между электродами вследствие малого числа ионизирующих столкновений в пробоя воздуха нужны значительно более высокие градиенты, чем приводимый в литературе градиент в кВ/см.

Непропорциональность длины искрового промежутка пробивному напряжению является крайне неблагоприятным фактором.

приятным фактом, так как после продолжительной работы свечи на двигателе вследствие обгорания электродов расстояние между ними увеличивается, пробивное же напряжение получит незначительное приращение. Результаты исследования влияния величины промежутка на пробивное напряжение представлены на рис. 2 и 3.

Как видно из рис. 3, при увеличении зазора свечи ЭСХ с 0,4 до 0,6 мм, при давлении 8 ат и температуре воздуха 20° пробивное напряжение возрастает на 39%. При рабочей температуре центрального электрода — 700° возрастание напряжения будет еще меньше. Например, при работе свечи ЭСХ на двигателе BMW увеличение зазора с 0,4 до 0,6 мм повышает пробивное напряжение на свече всего на 26%.

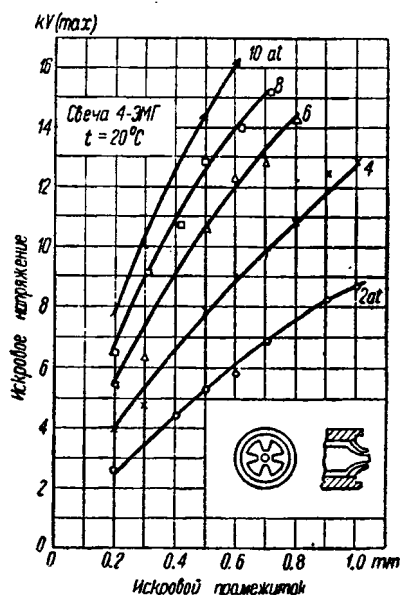


Рис. 2

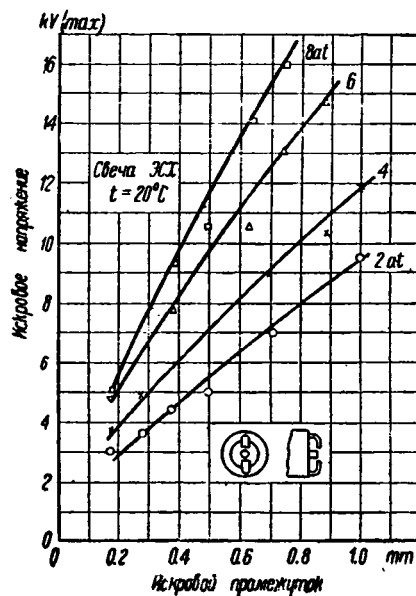


Рис. 3

Давление газа. Многочисленные исследования показывают, что пробивное напряжение искрового промежутка для газовой среды является линейной функцией плотности газа. Иначе говоря, пробивное напряжение прямо пропорционально давлению газа p и обратно пропорционально его абсолютной температуре T , так как плотность газа $\rho = \frac{p}{T}$.

Это положение сформулировано в законе Пашена — пробивное напряжение:

$$U_{пр} = k\delta \frac{p}{T},$$

где δ — искровой промежуток, k — коэффициент пропорциональности. Закон Пашена подтверждается при низких давлениях до нескольких сантиметров и при высоких до 20 ат.

Из рис. 4, где приведены характеристики пробивных напряжений для различных типов свечей с различной формой искрового промежутка при измерении переменным током, видно, что искровые промежутки свечей хорошо подчиняются закону Пашена.

Форма электродов. Watson в своей статье по исследованию свечей сообщает, что первым условием пробы является создание электрического поля, достаточного для того, чтобы придать ионам критическую кинетическую энергию за время между столкновениями с нейтральными молекулами. Это условие является функцией напряжения и геометрической формы искрового промежутка.

Sielsbee указывает, что при исследовании различных форм электродов следует руководствоваться, главным образом, следующими двумя факторами. Первый фактор — это характер неравномерности распределения электрического поля, обусловленный формой электродов, и второй, — относящийся только к малым искровым промежуткам, — это размер зазора между электродами; при недостаточном зазоре затрудняется нормальное развитие ионизации.

Экспериментальное определение пробивного напряжения для различных форм электродов производилось над семью типами свечей, имеющих форму электродов, наиболее употребительную в современных автомобильных и авиационных свечах. Результаты измерений приведены на рис. 4. Сравнивая по величине пробивное напряжение для свечей с различной формой электродов, видно, что при давлении в 10 ат разница в пробивных напряжениях доходит до 15—20%.

Влияние температуры. Центральный электрод свечи, ввернутый в цилиндр работающего двигателя, во время работы всегда нагреет до температуры 700—800°, что значительно превышает температуру сжатой смеси. Боковые электроды благодаря хорошему отводу тепла через корпус свечи и стенки цилиндра имеют сравнительно низкую температуру, не превосходящую 200—270°.

Температура центрального электрода свечи и температура газа в искровом промежутке имеют большое прак-

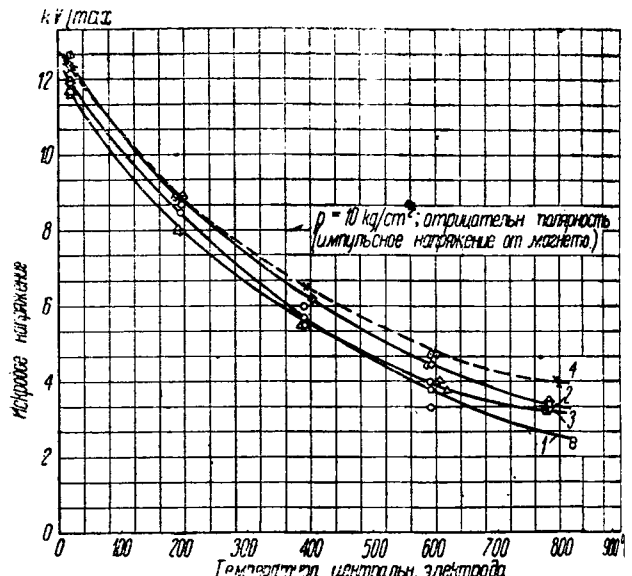


Рис. 5. Зависимость пробивного напряжения от температуры центрального электрода для сплавов табл. 1

тическое значение. С увеличением температуры электродов и газа пробивное напряжение на электродах падает, как это следует из закона Пашена.

Sielsbee наблюдал снижение пробивного напряжения даже в том случае, когда между электродами прогнана струя воздуха при температуре 20°, которая все время поддерживала плотность газа в искровом промежутке постоянной. Опыты Sielsbee установили, что пробивное напряжение не зависит от скорости дутья в пределах 7 до 40 м/сек. Сильсби и Старк считают, что горящий электрод, несмотря на дутье, окружен очень тонкой пылью газа, нагретого до температуры, близкой к температуре электрода. Благодаря малой плотности газовой пыли увеличивается длина свободного пробега электрона, значительно облегчается ионизация.

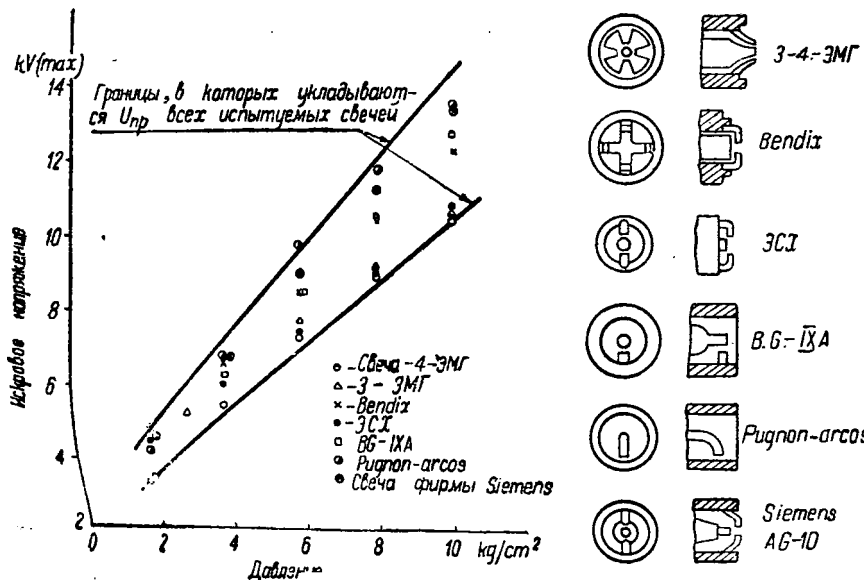
Кроме уменьшения плотности газа, еще одно явление приводит к снижению пробивного напряжения при нагреве одного из электродов до температуры 700—800°, это термическая эмиссия. Действие термической эмиссии сказывается, главным образом, при более высоких температурах.

На рис. 5 и 6 изображены полученные кривые пробивных напряжений в зависимости от температуры центрального электрода при давлении воздуха 10 ат при положительной и отрицательной полярностях при измерении импульсным напряжением от магнето.

Как видно из кривых, повышение температуры до 800° для никель-марганцевого электрода, сплав 4, влечет снижение пробивного напряжения до 60%. Причем максимальное снижение пробивного напряжения получается в случае отрицательной полярности электрода.

Полярность электродов. Сопоставляя кривые рис. 5 и 6 показывает, что на величину пробивного напряжения при высоких температурах сказывается полярность электродов. Наиболее низкие пробивные напряжения получаются в том случае, если к центральному электроду приложить отрицательный потенциал (рис. 5). Это связано с тем, что при отрицательной полярности пробивные напряжения равно приблизительно 20 для сплава 4. С понижением температуры центрального электрода разница в величине пробивных напряжений для различных полярностей уменьшается, и при комнатной температуре она почти незаметна.

Материал электродов. Электрический искра, периодическая проскакивающая между электродами свечи, сопровождается переносом материала с положительного электрода на отрицательный. Иначе говоря,



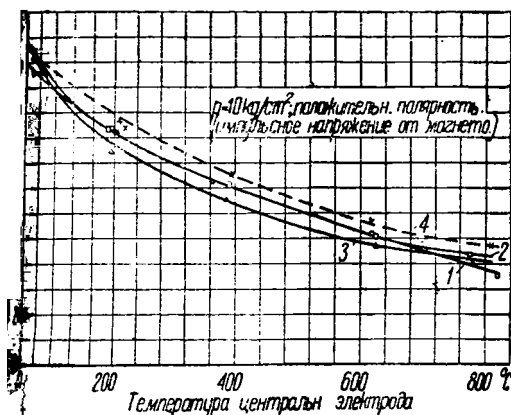


Рис. 6. Зависимость пробивного напряжения от центрального электрода для сплавов табл. 1

свечи положительный электрод распыляется, что влечет за собой изменение величины искрового промежутка. Поэтому достаточное сопротивление износу искрой является необходимым свойством материалов электродов. В процессе эксплуатации свечи на двигателе минимальное пробивное напряжение изменяется в зависимости от продолжительности работы и в результате изменений, происходящих в материалах электродов (рис. 7). Это вредно сказывается на нормальной эксплуатации двигателя. В результате ряда исследований, наблюдающийся при работе свечи разброс разрядного напряжения между электродами обусловлен неоднородностью структуры материала электродов. Многочисленные исследования в направлении изыскания материала для электродов свечи привели к разработке никель-бариевых сплавов. Электроды из никель-бариевых сплавов наиболее однородны по структуре, обладают высокой термоионной эмиссией. При повышенных температурах, способствуют ионизации искрового промежутка, значительно сокращают запыление пробы и снижают пробивное напряжение. Снижение напряжения на свече при работе, которое достигается применением никель-бариевых сплавов, имеет чрезвычайно большое значение для эксплуатации двигателя.

В последние годы за границей опубликован ряд статей, данными исследования этих сплавов.

В работах физической лаборатории Мичиганского университета сообщалось о новом «изовольтном» сплаве для электродов свечей. Этот сплав представляет собой марганцевистый никель, в который был введен барий. Результаты исследования эксплуатационных свойств этого сплава представлены на рис. 7. Влияние бария на термоионную эмиссию показано на рис. 8. Для исследования влияния материала электродов на процесс искрообразования на четырех образцах центрального электрода, изготовленных из никелевых сплавов с различным процентным содержанием бария. Боковой пробой во всех случаях был изготовлен из марганцовистого никеля и не менялся при проведении опыта. К каждому подводу импульсное напряжение от магнето. Химический состав сплавов приведены в табл. 1. Для всех образцов построены кривые потенциала искрообразования в зависимости от температуры центрального электрода, которые приведены были на рис. 5 и 6.

Таблица 1

Сплав	Состав сплава, %				
	Ni	Ba	Cr	Mn	Fe
1	96,08	0,07	—	1,02	2,83
2	94,509	0,041	1,98	2,53	0,94
3	93,816	0,034	3,10	2,22	0,83
4	Марганцовистый никель				

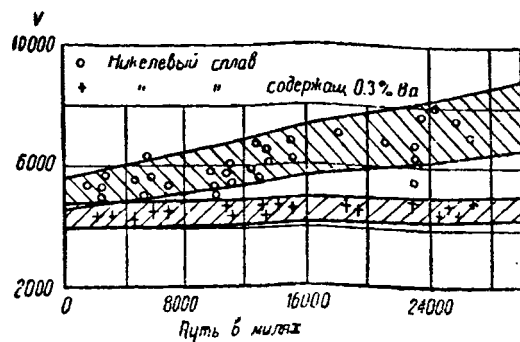


Рис. 7. Изменение пробивного напряжения свечи в зависимости от длины пути, пройденного автомобильным мотором (Рэндольф, Вольфе)

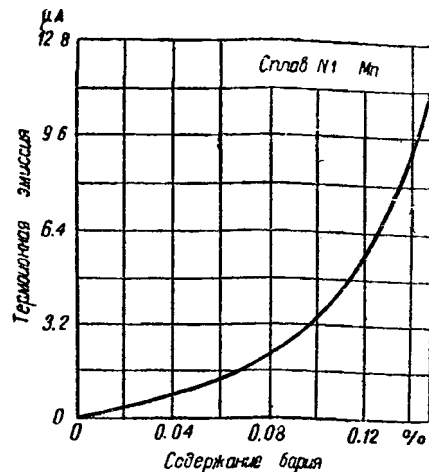


Рис. 8. Зависимость между содержанием бария и термоионной эмиссией

Из кривых (рис. 5 и 6) видно, что потенциал искрообразования для случая отрицательной полярности при 800° и давлении воздуха 10 ат у электродов, состоящих из сплавов с присадкой бария, меньше, чем у электрода, состоящего из сплава без бария. Относительное снижение потенциала сплава 1 равно 37%, сплава 2—17,5 и сплава 3—21%. При положительной полярности разница между сплавами уменьшается, а именно: при 800° и 10 ат потенциал искрообразования сплава 1 будет по сравнению со сплавом 4 (без бария) меньше на 19%, сплава 2—на 9% и 3—13%.

Скорость приложения напряжения. Напряжение, создаваемое системой зажигания, достигает своего максимального значения за время $12 \cdot 10^{-5}$ — $8 \cdot 10^{-5}$ сек.

Такие скорости нарастания подводимого импульсного напряжения соизмеримы со временем процесса ионизации, и они уже сказываются на величине пробивного напряжения. Форма кривой напряжения при импульсах также влияет на разряд свечи.

Рассмотрим процесс ионизации при высоких частотах подробнее. В разряде можно различать стадии начальной и полной ионизации.

Длительность начальной ионизации совершенно случайна. Как известно, для предварительной ионизации необходимо, чтобы в искровом промежутке были свободные ионы. Число же свободных ионов в зоне наибольшей напряженности поля искрового промежутка свечи в момент подъема напряжения неопределенно. Очевидно, что время предварительной ионизации будет для промежутков с острыми концами больше вследствие резкой неоднородности поля и концентрации его на небольших участках.

Согласно исследованиям время, необходимое для полного развития ионизации в промежутках 0,3—0,6 мм, равняется примерно 10^{-6} сек. Длительность начальной и полной ионизации определяет запаздывание момента полного пробоя относительно момента приложения напряжения.

На рис. 9 изображены две кривые (А и В) импульсов напряжения. На рисунке также нанесено пробивное напряжение U_0 данного искрового промежутка, измеренное

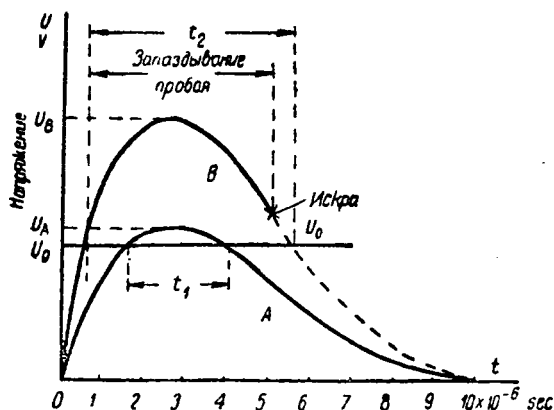


Рис. 9. Кривые импульсов напряжения и запаздывание пробоя

при постоянном напряжении. Если теперь к электродам вместо постоянного напряжения (или переменного напряжения низкой частоты) подвести импульс напряжения вида А, то пробоя не произойдет, несмотря на то что максимальное напряжение импульса U_A превышает величину пробивного напряжения U_0 .

Это объясняется тем, что время t_1 , в течение которого напряжение импульса превышает необходимое пробивное U_0 , оказалось меньше времени запаздывания пробоя. Для того чтобы пробить искровой промежуток при таком коротком импульсе, нужно увеличить его амплитуду. Действительно, если вместо импульса А к искровому промежутку приложить импульс В с максимальной величиной U_B , то вследствие увеличения напряжения, приложенного

к электродам разрядника, время запаздывания пробоя уменьшится. Если это запаздывание окажется меньше t_2 , в течение которого напряжение импульса U_B превышает пробивное напряжение U_0 , — разряд заведется искровым пробоем.

Таким образом явление запаздывания пробоя при этом, что при коротких импульсах для искрового пробоя воздушного промежутка свечи требуется приложить к электродам напряжение большее, чем в случае длительного приложенного напряжения. Отношение пробивного напряжения при импульсе к пробивному напряжению в случае длительного приложенного напряжения, как известно, называется коэффициентом импульса.

Результаты измерения коэффициента импульса для типа МГ при зазоре 0,32 мм приведены в табл. 2

Таблица 2

Давление воздуха kg/cm ²	Напряжение kV _{max}		Коэффициент импульса
	переменный ток, переменное напряжение	импульс. напряжение	
4	5,40	8,10	1,5
6	7,30	9,50	1,30
8	9,0	10,8	1,20
10	10,40	12,20	1,17

Из табл. 2 видно, что коэффициент импульса уменьшается с увеличением плотности воздуха, что естественно.

Электрохимическая очистка воды для аккумуляторных батарей

М. М. ЛИХАЧЕВ
Москва

НАДЕЖНОСТЬ действия и длительность работы аккумуляторов, как известно, в значительной степени зависят от качества электролита и воды, из которых приготавливаются растворы для их заливки.

Если вопрос о степени очистки кислоты, необходимой для аккумуляторов, в настоящее время уже находится в стадии разрешения¹, то вопрос о воде, пригодной для аккумуляторов, попрежнему остается без должного внимания. Технические условия на воду для аккумуляторов нет, и степень ее очистки не уточняется.

Для предохранения аккумуляторов от загрязнения и саморазряда, могущих иметь место вследствие применения недоброкачественной воды, во всех без исключения инструкциях, наставлениях и руководствах для приготовления растворов и доливки аккумуляторов, рекомендуется исключительно дистиллированная вода.

Казалось бы, что это условие должно давать аккумуляторам полную гарантию от загрязнения и саморазряда, но на деле это, к сожалению, очень часто не оправдывается.

Качество существующих наиболее распространенных перегонных кубов с дровяным, керосиновым и газовым отоплением чрезвычайно низко. Вследствие этого получаемая из них «дистиллированная» вода зачастую не только не отвечает существующему стандарту², но очень

часто становится прямой причиной загрязнения и мерного саморазряда аккумуляторов. Кроме того, эти новки громоздки и неудобны в обслуживании.

Перегонные аппараты с электрическим подогревом более компактны, но в эксплуатационном отношении не совершенны. Так например, электрические дистилляционные системы проф. Тверцына, используемые в аккумуляторно-ремонтно-зарядных станциях, требуют затраты энергии около 0,8 kWh на 1 л дистиллята и могут работать при очень большом расходе проточной воды в охлаждающей системе (до 65 л на 1 л дистиллята), что делает малоприспособленными в местностях с ограниченными запасами воды и совершенно неприменимыми в подвижных условиях. Но наиболее характерным недостатком, присущим всем без исключения дистилляторам, независимо от конструкции и способа подогрева воды, является чрезвычайно большая и непроизводительная затрата энергии, совершенно не оправдываемая получаемым конечным результатом.

Перегонке подвергается обычно питьевая вода, в которой количество примесей, в зависимости от местных (родных) условий и времени года, колеблется в среднем в пределах 250—750 mg сухого остатка на литр.

Таким образом удалению из воды подлежит колоссальное количество примесей, составляющее в худшем случае не более тысячной доли ее общего веса.

Как же эти вещества удаляются?

Вместо того чтобы выделить из воды эти примеси по весу, при перегонке воды (следовательно, при дистилляции) все без исключения дистилляционные аппараты, в том числе и перегонные кубы, отделяют от примесей.

¹ Проект нового стандарта на аккумуляторную кислоту, разработанный взамен ОСТ/В.С. 5355.

² Стандарт на дистиллированную воду Главоргхимпрома СССР.

в результате, одно лишь нагревание воды и перевод ее без учета к. п. д. нагревательного прибора требуемого количества энергии, эквивалентного 0,72—0,74 kWh на 1 л дистиллята.

Несомненно, что есть чрезвычайно низкий к. п. д. большинства перегонных кубов, громадный расход воды на охлаждение (доходящий в некоторых установках до 65 л на 1 л дистиллята), а также все эксплуатационные недостатки, присущие перегонным кубам, то необходимы были более совершенные установки, отвечающие современному уровню техники, становится вполне очевидным.

Идея и краткая история электрохимической очистки воды. Идея электрохимической очистки воды основана на том, что большинство примесей (электролитов) распадается в воде на положительно и отрицательно заряженные ионы и на возможности удаления этих примесей электрическим током.

Суть процесса сводится к следующему: подлежащую очистке воду заставляют проходить между двумя электродами, соединенными с источником постоянного тока. Электроды отделены от очищаемой воды специальными мембранами, пропускаемыми для ионов диафрагмами А и К (рис. 1).

Загрязняющие воду вещества (соли магния и кальция, соли железа, хлорные соединения и др. примеси), находясь в воде в диссоциированном состоянии, т. е. в виде положительно и отрицательно заряженных ионов, под влиянием электрического поля будут проходить через диафрагмы к электродам противоположных знаков.

Разряжаясь на электродах, они будут скапливаться около них, освобождая таким образом остальную часть воды от своего присутствия. Кроме указанных явлений, по мнению некоторых электрохимиков, взамен ушедших из воды ионов солей, от электродов через диафрагмы под действием того же поля будут проходить в воду более быстро движущиеся ионы гидроксила, и водорода, образующие при своем соединении воду.

Экспериментальным подбором наилучших размеров, материалов и конструкций диафрагм, а также наилучшим выбором режимов работы таких аппаратов удалось достигнуть весьма высоких практических результатов по очистке воды и, таким образом, сделать этот метод применимым в промышленных масштабах. Идея электрохимической очистки воды возникла очень давно. По данным проф. Биллителя⁸, еще опытами Гитана было установлено, что при прохождении тока концентрация электролита в различных слоях жидкости изменяется, если раствор не перемешивается или разделен на слои диафрагмами.

В 1903 г. было предложено⁴ для удаления растворимых суспензированных частиц из жидкости пользоваться измерными электрическими аппаратами, с двумя диафрагмами.

Позднее после этого Морзе и Пирс⁵ предложили аппарат такой же конструктивной схемой для электролиза. В дальнейшем этот же принцип был использован для лабораторных аппаратов Деро, Лисбонном, Копачевским, позже Паули⁶ и Бехольдом⁷, но промышленное значение начал приобретать лишь с двадцатых годов. Одно из первых предложений в этом направлении было сде-

лано в 1914 г.⁸ В дальнейшем продолжалось совершенствование этих аппаратов⁹, и в 1930 г. уже выпускались установки четырех размеров с производительностью (для воды с 300 mg сухого остатка) в 4, 20, 80 и 180 л в час.

Расход энергии на очистку воды при этом (по данным фирмы) составлял около 15 Wh/l при содержании солей до 100—150 mg в литре и доходил до 40—100 Wh для полного удаления солей из воды с содержанием примесей в 400—600 mg/l.

В результате непрерывного совершенствования метода очистки и улучшения конструкции установок Биллиту удалось значительно упростить процесс и удешевить всю аппаратуру.

По данным Биллителя¹⁰, опубликованным в 1930 г., его аппараты допускали уже тогда очистку воды, содержащей до 600 mg/l, причем получаемая вода имела электропроводность¹¹ от 2 до $10 \cdot 10^{-7}$, а при соблюдении особых условий даже $1,2 \cdot 10^{-7}$.

Опыты Биллителя показали, что производительность аппаратов и расход энергии в значительной степени зависят от материала диафрагмы и от содержания примесей в очищаемой воде. В аппаратах Биллителя анодная диафрагма — керамиковая, катодная из асбеста. Производительность аппарата с этими диафрагмами, при очистке воды, содержащей до 150 mg солей на литр, по данным Биллителя достигает 2,15 л/ч на каждый квадратный дециметр поверхности диафрагмы.

При увеличении количества примесей в очищаемой воде до 500 mg/l, удельная производительность аппарата снижается соответственно до 1,6 л/ч. Расход энергии также зависит от материала диафрагм и, кроме того, от потребной степени очистки воды.

Для получения воды с электропроводностью $1 \cdot 10^{-6}$ при керамиковой и асбестовой диафрагмах расход энергии составляет 7 kWh/m³ воды (или 0,007 kWh/l), а при керамиковой и полотняной диафрагмах при всех прочих равных условиях — 11 kWh/m³.

При дальнейшей очистке, для получения, например, электропроводности воды в $0,3 \cdot 10^{-6}$ на тех же диафрагмах требовалось соответственно 17 и 20 kWh/m³.

Работы по электрохимической очистке воды в СССР. Опыты по электрохимической очистке воды проводятся и у нас в СССР. Результаты работ уже с достаточной очевидностью показали, что этот способ очистки воды имеет у нас большие перспективы. Особенно интересными по практической ценности являются работы в этой области Государственного института азота (ГИА), проводившиеся под руководством проф. Соколова П. И.

Этим институтом (по сообщению за 1936 г.) был разработан, построен и испытан аппарат типа «ГИА-ОС-2», превосходящий по всем показателям аналогичные ему зарубежные образцы. Так как этот аппарат обладает весьма интересными эксплуатационными данными, то мы приводим здесь некоторые сведения из сообщения ГИА о конструкции и результатах испытаний этого аппарата.

Устройство аппарата «ГИА-ОС-2» чрезвычайно просто. Он состоит из железного цилиндрического корпуса 1 (рис. 2) с внутренним диаметром 250 mm и высотой около 1000 mm. Корпус имеет съемное днище 2 с двумя трубками. На днище укрепляется шатунно-гильяный пористый цилиндр 3, имеющий внутренний диаметр 150 mm и высоту 360 mm. Этот цилиндр является анодной диафрагмой аппарата.

На цилиндр 3 надет ряд деревянных колец 4 с вырезами для прохода воды, а поверх этих колец обертывается и кругом зашивается катодная диафрагма 5, состоящая из слоя хлопчатобумажной материи (миткаль), слоя асбестового картона и слоя асбестовой ткани. Через кольцевое пространство 6 между анодной и катодной диафрагмами 3 и 5 протекает очищаемая вода. Она поступает снизу через трубу 6 и выходит из аппарата вверх через трубу 7.

⁸ Английский патент 11823, 1914; германский патент 291672, 1914.

⁹ Германский патент 383666, 1921; английский патент 311562; французский патент 557851.

¹⁰ Die neueren Fortschritte der technischen Elektrolyse, 1930.

¹¹ Электропроводность принято рассматривать как наиболее характерный признак степени очистки воды на том основании, что по мере очистки воды последняя увеличивает свое сопротивление почти в точном соответствии с уменьшением содержания в ней различных примесей (солей кислот и оснований).

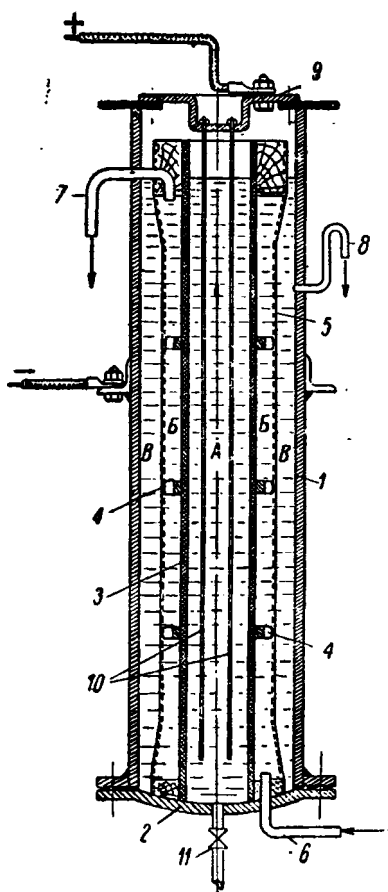


Рис. 2

Часть ее просачивается через асбест в пространство В, между стенкой корпуса и асбестом и вытекает через трубу 8. Корпус аппарата имеет крышку 9, на которой укреплены прутья из ферросилиция 10, или тонкие платиновые проволоки, спускающиеся почти до дна. Эти прутья соединяются через крышку с положительным зажимом источника постоянного тока, а корпус аппарата — с зажимом «минус».

Полная установка в зависимости от требуемой производительности состоит из 2, 3 или 4 описанных аппаратов.

При включении напряжения находящиеся в воде примеси (соли) в виде заряженных частиц (ионов) идут из кольцевого пространства аппарата В в полость керамиковой диафрагмы А и в наружное пространство В, расположенное вокруг диафрагмы 5.

Таким образом вода, проходящая в среднем кольцевом пространстве, очищается от при-

месей. Осадок известковых и магниевых соединений, накапливающийся между асбестовым цилиндром и корпусом, частично уносится водой через щупер 8, а примеси, собирающиеся из воды внутри глиняного цилиндра и образующие кислоту, частично удаляются оттуда (один раз в 20—30 дней) через кран 11. Вместо сливаемой из керамиковой диафрагмы части жидкости (анолита) туда добавляется вода.

Для более полной очистки воды она пропускается последовательно через несколько аппаратов, как это схематически показано на рис. 3. Обслуживание установки сводится к периодическому наблюдению за силой тока и скоростью протекания воды и к смене сборников для воды.

Установки нормального типа, испытанные в Институте азота, дают воду с содержанием плотного осадка (примесей) не выше 4—7 мг/л, т. е. более чистую, чем обыкновенные дистилляционные (перегонные) аппараты.

При московских ценах на воду и электроэнергию и при содержании примесей в воде до 250 мг/л стоимость

одного куб. метра (одной тонны) очищенной воды при производительности в 150 л/ч обходится при постоянной эксплуатации примерно в 40 руб., т. е. около 4 коп./л.

На основе удачных опытов с аппаратами типа ГИА-ОС сектором электрохимии ГИА был разработан еще ряд конструктивно улучшенных аппаратов различной производительности. Особенно интересным из них является аппарат типа ГИА-ОС-Л с номинальной расчетной производительностью в 10 л/ч при заданной степени очистки воды по содержанию плотного остатка 8 мг/л.

Общий вид экспериментального образца аппарата ГИА-ОС-Л, состоящего из 4 элементов, представлен на рис. 4.

Конструктивная схема одного из элементов аппарата дана на рис. 5.

Всесторонние и длительные испытания аппарата при различных напряжениях питающего источника и при разном числе последовательно включенных элементов показали весьма высокие качества установки. Сводные данные по результатам этих испытаний аппарата приведены в табл. 1.

Таблица 1

Напряжение питающего источника V	Число элементов в установке	Общая сила потребляемого тока А	Производительность установки л/ч	Расход на 1 л очищенной воды	
				эл. энергии Wh	воды л
120	3	7,0	22	38	1,01
120	4	8,3	22	45	1,02
100	3	7,8	17	46	1,02
(110)	4	7,6	15	56	1,02
80	3	6,3	13	39	1,02
80	4	7,0	13,5	41	1,03
60	3	4,5	8,5	32	1,03
60	4	4,8	11,5	25	1,03

Данные этой таблицы показывают, что аппарат ГИА-ОС-Л как при трех, так и при четырех последовательно включенных элементах перекрывает свою номинальную (проектную) производительность и допускает возможность

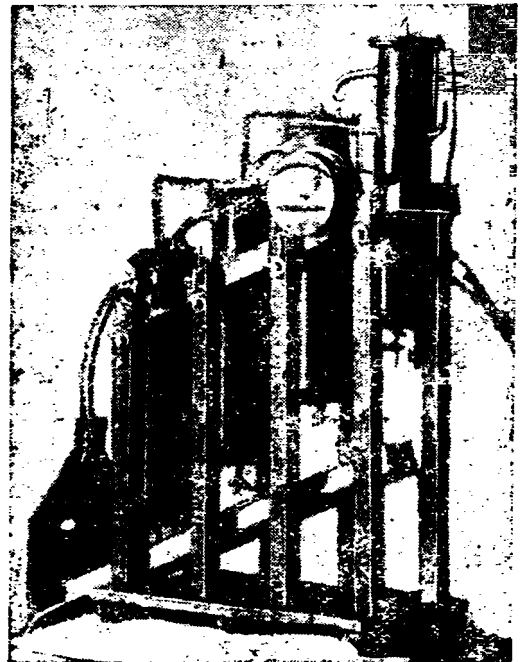
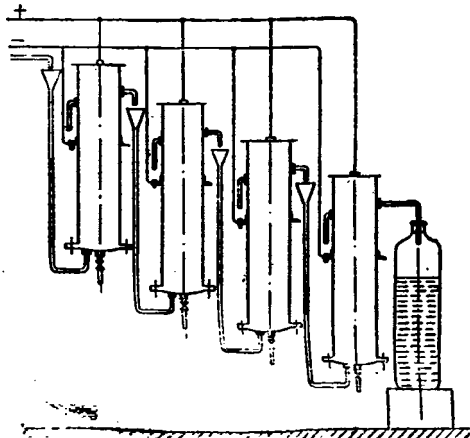


Рис. 4



нения его с источниками постоянного тока напряжением от 120 до 60 В.

Из этой таблицы видно также, что аппарат позволяет станции иметь либо максимальную производительность при несколько большем расходе энергии, либо при несколько сниженной производительности иметь минимальный расход энергии.

Такая эксплуатационная гибкость установки позволяет приспособить ее к специфическим условиям любой заправочной станции и дает широкие возможности для источника постоянного тока, как по мощности (до 0,3 кВт), так и по напряжению (от 120 до 60 В). Из таблицы видно, что установка прекрасно работает и в элементах, что дает возможность выполнять ее еще и компактной и, следовательно, успешно применять в таких маломощных подвижных зарядно-осветительных станциях, как, например, агрегаты АЛ-3, АЛ-6 и др. Изюмкой положительной особенностью установки является чрезвычайно низкий общий расход воды на литр дистилата, что делает эти аппараты особенно ценными в станциях с ограниченными запасами воды и прямо применимыми в подвижных установках.

Кроме приведенных результатов испытания описанного аппарата, в ГИА были получены интересные данные, выявляющие зависимость степеней очистки воды от расхода энергии и производительности установки.

В табл. 2 помещены результаты испытания установки, состоящей из 4 элементов, полученные при напряжении 110 В при различной производительности.

Таблица 2

Производительность л/ч	Сила тока А	Достижимая степень очистки воды		Расход энергии Wh/l
		удельное потребление воды г/л	соответств. приблизительное содержание плотн. остатка mg/l	
15	7,6	73.000	6,8	56
10	8,1	146.000	3,4	89

Эти данные показывают, что с уменьшением подачи воды (а следовательно, и производительности установки) расход воды очень сильно возрастает, но одновременно уменьшается и расход энергии.

Если условно принять значения всех показателей установки при производительности в 15 л/ч за 100% и провести сравнение с ними показателей при сниженной производительности, то мы увидим, что при понижении подачи воды приблизительно на 30% расход энергии на литр воды увеличивается приблизительно на 60%, а вода получается вдвое. При этом вода получается исключительно высокой чистоты, превосходящей чистоту дистиллированной воды.

Таким образом, при надлежащей установке режима питания электрохимических аппаратов превосходят существующие дистилляторы и по качеству работы, т. е. по степени очистки получаемой воды.

Выводы. На основании всех приведенных экспериментальных данных и высказанных соображений можно сделать вывод, что при существующих в настоящее время инструкциях аппаратов электрохимическая очистка воды является наиболее удобной, самой экономичной и высококачественной.

Так как все зарядные станции располагают электрической мощностью постоянного тока, то применение в них аппаратов для электрохимической очистки воды никаких технических затруднений не представит.

Самой собой понятно, что подобная установка будет наиболее целесообразна только в том случае, когда она по своим данным (мощности, потребляемому напряжению, производительности и пр.) будет согласована с техническими возможностями и потребностями зарядной станции.

Наибольшее внимание при этом должно обращать на качество получаемой воды.

При этом следует иметь в виду, что различные примеси поддаются удалению из воды далеко не одинаково.

В результате исследований, проведенных в лаборатории физической химии Ленинградского государственного университета, было установлено, что в трехкамерных аппаратах, к числу которых относятся и аппараты ГИА, из катионов (т. е. положительно заряженных частиц примесей) наиболее быстро удаляются Na^+ , а затем Ca^{++} и наиболее медленно удаляется Mg^{++} , из анионов (т. е. отрицательно заряженных частиц примесей) наиболее быстро удаляется Se^- затем SO_4^{--} и CO_3^{--} и наиболее медленно удаляется кремневая кислота SiO_2 .

Трудность электрохимической очистки воды от кремневой кислоты подтвердилась и на опытах ГИА. Специально проведенные исследования показали, что количество находящейся в водопроводной воде в коллоидном растворе кремневой кислоты (SiO_2), после очистки воды аппаратом ГИА-ОС-Л, практически оставалось прежним. При этом присутствие ее на проводимость воды заметного влияния не оказывало.

Таким образом вопрос об очистке воды от кремневой кислоты электрохимическим путем остается пока неразрешенным. Для того чтобы это обстоятельство не послужило причиной отказа от электрохимической очистки воды и не вызвало преувеличенных опасений насчет влияния кремневой кислоты на работоспособность и срок службы аккумуляторов, этот вопрос должен быть объективно разрешен путем соответствующих исследований. Это соображение, конечно, относится только к особенно сильно загрязненной воде. Целесообразность же электрохимической очистки обычной питьевой водопроводной воды сомнений не вызывает.

Исследования Ленинградского университета показали также, что находящиеся в воде органические вещества удаляются неполностью и, что это происходит только в последних камерах за счет катодного отложения на анодных диафрагмах, что ведет к их частой смене.

Несмотря на то, что это явление на установках ГИА, работающих длительно и бесперебойно, не подтвердилось, этот вопрос все же заслуживает внимания.

При значительных содержаниях органических веществ в воде их необходимо предварительно коагулировать¹³, обращая особое внимание на эту операцию в подвижных установках, где качество воды по количеству органических примесей может быть особенно низко.

В заключение следует отметить, что бесспорные преимущества идеи электрохимической очистки воды по сравнению с дистилляцией и ценная инициатива проф. Соколова П. И. по созданию простого и целесообразного

¹³ Катафорез — перемещение коллоидных частиц вследствие приобретения ими электрических зарядов.

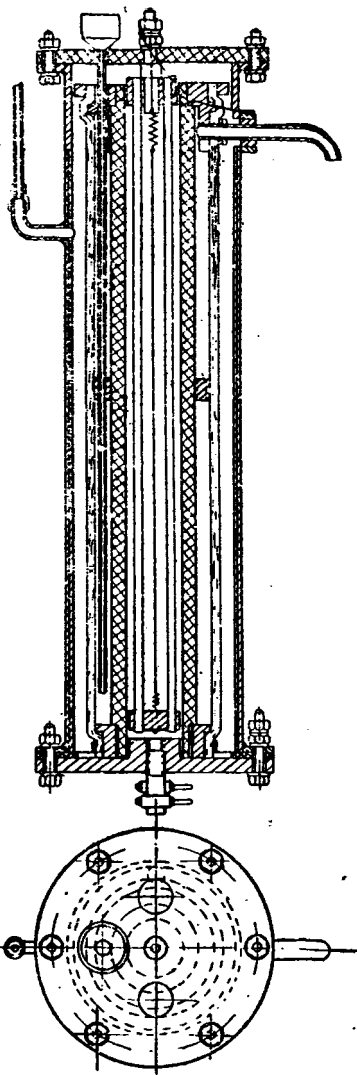


Рис. 5

аппарата для этих целей заслуживают большого внимания и дальнейшего развития. При этом совершенствование аппаратов для электрохимической очистки воды особенно желательно было бы направить по линии придания аппарату большей эксплуатационной самостоятельности и конструктивной законченности. Это усовершенствование аппарата может быть достигнуто путем включения в его систему выпрямительного устройства для возможности питания установки непосредственно от сети переменного

тока и контрольного прибора, позволяющего непрерывно или периодически проверять качество выходящей воды. Последнее условие представляется наиболее важным, так как является единственным средством контроля правильности регулировки подачи воды и качества работы всей установки.

Достаточный выбор производящихся у нас выпрямителей и различной измерительной аппаратуры делает задачу вполне выполнимой.

Новые виды резиновой и каучукоподобной изоляции для кабелей и проводов

П. Н. ГОРШКОВ

Завод „Севкабель“

НОРМАЛЬНАЯ резиновая изоляция, изготовляемая из натурального каучука (НК) или из синтетического спиртового каучука (СК-Б), наряду с весьма ценными свойствами, заключающимися в большой гибкости и относительно высокой влагостойкости, обладает также рядом серьезных недостатков. Главнейшие из них: 1) низкая допускаемая температура нагрева; 2) неполная влагостойкость; 3) способность сильно набухать и растворяться в нефтяных маслах; 4) полная нестойкость к воздействию озона и 5) горючесть. Вследствие этого область применения резиновой изоляции в настоящее время ограничена, главным образом, проводами и кабелями для распределения энергии внутри помещений при низких напряжениях и для питания подвижных приемников тока.

Отсутствие в течение долгого времени материалов, свободных от недостатков каучука, но обладающих его ценными механическими свойствами, заставляло решать ряд задач, стоящих перед кабельной промышленностью, весьма сложными и дорогими методами.

Например, при отсутствии каучукоподобного материала, обладающего полной влагостойкостью, негорючестью и маслостойкостью, сейчас приходится почти все ответственные кабели для неподвижных прокладок снабжать свинцовыми оболочками. В результате этого кабельные заводы расходуют ежегодно десятки тысяч тонн свинца. Исследования, произведенные в последнее время, показали, что резиновая изоляция поддается существенному усовершенствованию и что могут быть созданы новые сорта подобной изоляции, обладающие весьма ценными техническими свойствами. Ниже мы даем краткий разбор методов устранения главнейших недостатков резиновой изоляции и характеристику новых специальных сортов ее.

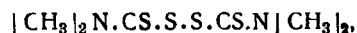
Теплостойкость. Нормальная резиновая изоляция является наименее теплостойкой из всех ви-

дов изоляции, применяемых в кабельной промышленности. У нас в Союзе считается, что максимальная температура нагрева кабелей и проводов с нормальной резиновой изоляцией $T_{\max} = 55^\circ \text{C}$. Между тем для низковольтных кабелей с пропитанной бумажной изоляцией $T_{\max} = 80^\circ \text{C}$. Отсюда следует, что нормальная резиновая изоляция совершенно неконкурентоспособна с пропитанной бумажной изоляцией, при выборе сечения по допускаемой нагрузке. В тех случаях, когда бумажную изоляцию не считают возможным применять по монтажным соображениям, получается большой перерасход меди.

Для того чтобы повысить теплостойкость резины, необходимо, как показано рядом исследований, вести вулканизацию без избытка серы.

При нормальном способе введения серы, ее количество ее меньше 2—2,5%, получается недовулканизованная резина.

Первым шагом к снижению содержания серы было введение органических ускорителей, в наличии которых реакция соединения серы с резиной идет значительно быстрее. Однако этот путь не дал полного решения задачи и оно было найдено в использовании способности некоторых органических сернистых соединений выделять серу во время процесса вулканизации. Сера в момент выделения (*in statu nascendi*) активно реагирует с каучуком, и поэтому можно получить хорошо провулканизованную мягкую резину при весьма небольшом содержании серы (не более 0,5%). Из таких веществ чаще всего применяются тиурам (тетраметилтиурамдисульфид):



который, разлагаясь во время вулканизации, выделяет один из центральных атомов серы.

Малосернистые резины обладают настолько повышенной теплостойкостью, что в 1933 г. GEI ряд других фирм опубликовали сообщения, что они могут выпускать провода и кабели с

изоляцией, допускающей температуру на-
в 75°C .

стойкость резиновой изоляции характе-
изменением механической прочности
после искусственного старения. В таблице
лены величины максимальных снижений
ной прочности и относительного удлине-
при разрыве, гарантируемые американскими
для нормальной и теплостойкой рези-
после искусственного старения в термостате
повышенной температуре.

Продолжительность старения дни	Максималь- ное сниже- ние, %		Дата выпуска технич. услов. и фирма
	разрывная прочность	относительное удлинение	
I. Нормальная ре- зиновая изоляция			
4	15	15	Действующие стандарты СССР и технические условия различ- ных фирм США Gen. Cable Corporation 1935 г. GE. 1934 г. GE. 1935 г. Gen. Cable Corpor 1935 г.
4	5	5	
40	19	19	
6	25	25	
5	20	25	
4	19	19	
II. Теплостойкая резиновая изоля- ция			
4	5	5	
40	19	19	
6	25	25	
5	20	25	
4	19	19	

Изучение свойств малосернистых тиурамовых
жи, проведенное в 1937 г. на заводе «Севка-
» Н. А. Чесноковым, показало возможность
сработать рецептуру резиновых смесей, удов-
вляющих американским требованиям, и в на-
ш условиях. На рис. 1 представлены резуль-
таты испытания на старение при 70°C теплостой-
кой и нормальной резин, содержащих 30% кау-
чука по отношению к общему весу смеси, из ко-
торых половина приходится на долю СК-Б.

На рис. 2 и 3 приведены такие же данные по
искусственному старению этих же резин при
температуре в 95 и 120°C . Из рисунков видно,
что разница в тепловой устойчивости нормаль-
ной и тиурамовой резин очень велика и эта раз-
ница тем резче, чем выше температура.

Например, при температуре в 120°C нормаль-
ная резина почти полностью теряет свою эла-
стичность уже через двое суток, тогда как тиу-
рамовая резина даже при этой температуре дол-
го сохраняет хорошие механические свойства.
Подчеркнем, что на рис. 1, 2 и 3 приве-
дены для сравнения кривые старения лучших со-
временных нормальных резин.

Стоимость проводов и кабелей с теплостойкой
резиновой изоляцией сравнительно немного (10—
15%) повышается, между тем экономия меди, ко-
торая может быть получена в результате пере-
хода на новую изоляцию, будет измеряться сот-
нями тонн ежегодно, так как можно будет су-
щественно повысить токовые нагрузки.

Так, провода с нормальной резиновой изоля-



Рис. 1. 1 и 2 — разрывная прочность и удлинение теплостой-
кой резины; 1' и 2' — то же нормальной резины

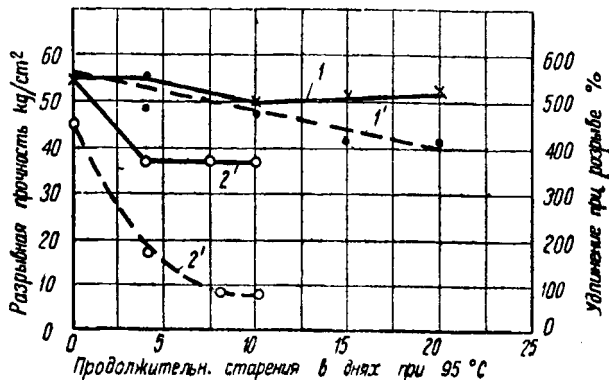


Рис. 2. 1 и 1' — разрывная прочность и удлинение тепло-
стойкой резины; 2 и 2' — то же нормальной резины

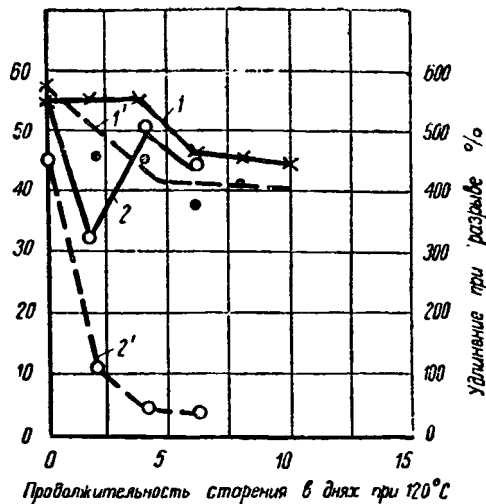


Рис. 3. 1 и 1' — разрывная прочность и удлинение тепло-
стойкой резины; 2 и 2' — то же нормальной резины

цией допускают перегрев в 25°C , при окружаю-
щей температуре 30°C . Для теплостойкой изоля-
ции допустим перегрев 45°C . Поэтому новая
изоляция позволит повысить нагрузку в $\sqrt{\frac{45}{25}} =$
 $= 1,34$ раза.

Теплостойкая резина может и должна полу-
чить широкое применение и у нас в Союзе для
изоляции проводов и кабелей сильного тока, при-
чем ее рационально применять во всех тех слу-
чаях, когда провода и кабели выбираются по
допускаемой нагрузке и в особенности в случаях,
когда они работают при повышенной окружаю-
щей температуре. Весьма интересной и важной
особенностью тиурамовых резин является то, что
они совершенно не вызывают потемнения полу-
проводника. Это делает весьма рациональным применение

теплостойкой резины для всякого рода проводов и шнуров слабого тока, в которых наличие чистой поверхности полуды весьма существенно по монтажным соображениям.

Влагостойкость. Резина в широких кругах рассматривается нередко как полностью влагоупорный материал, однако на самом деле это далеко не так. Неоднократные попытки применения резиновой изоляции, приготовленной самым тщательным образом из лучших сортов НК (натурального каучука) для подземных или подводных неосвинцованных кабелей, давали долгое время, в особенности при малой толщине изоляции, отрицательный результат.

В нашей практике неоднократно наблюдались случаи выхода из строя даже освинцованных кабелей с резиновой изоляцией при попадании в них в каком-либо месте влаги под свинцовую оболочку. Автору этой статьи пришлось недавно столкнуться со случаем порчи многожильного кабельного кабеля с изоляцией из НК, в результате попадания влаги под свинцовую оболочку через конец кабеля. Этот кабель был проложен в помещении, в котором во время хода судна температура могла доходить до 45—50°С и наблюдалась большая влажность. Спустя, примерно, полгода после начала эксплуатации сопротивление изоляции кабеля начало резко падать, вследствие чего его пришлось вскоре выключить из работы. При обследовании причин этого явления было установлено, что под свинцовую оболочку через конец кабеля попала влага. Когда участок кабеля, в который попала влага был срезан, остальная часть кабеля имела нормальное сопротивление изоляции.

Дороговизна гуттаперчи побудила кабельные заводы США предпринять крупные исследовательские работы по изучению причин неполной влагостойкости резиновой изоляции. Эти исследования показали, что впитывание влаги в резину происходит вследствие наличия в натуральном каучуке небольшого количества солей, переходящих в каучук из латекса, а также протеиновых оболочек на поверхности каждой каучуковой частицы. Кроме того, было установлено, что влагостойкость резины также сильно зависит и от природы наполнителей, входящих в состав резиновой смеси. Дальнейшее изучение вопроса показало, что путем специальной обработки латекса до его коагуляции можно получить каучук, почти полностью освобожденный от протеинов и от растворимых в воде солей. Применение депротенинизированного каучука и правильный подбор наполнителей позволили создать резиновую изоляцию, обладающую практически почти полной влагостойкостью. На рис. 4 представлены, по данным американской фирмы Simplex Wire and Cable Co, результаты испытаний влагостойкой резиновой изоляции. Как видно из рисунка, ϵ и $\operatorname{tg} \delta$ этой изоляции почти не меняется даже после длительного вымачивания при высокой температуре. Для сравнения на рис. 5 представлены результаты аналогичных испытаний, произведенных на заводе «Севкабель» З. С. Смоловик, над образцами наших нормальных проводов с изоляцией на основе НК. Из этого рисунка видно, что уже через сутки пребывания в воде при 70°С

нормальные провода в значительной мере теряют свои первоначальные электрические свойства, причем, вопреки обычно распространенным взглядам, одно увеличение процента содержания каучука не ведет к повышению влагостойкости.

Разрешение задачи создания влагостойкого каучука повело к тому, что в настоящее время США начали широко применяться для подводной и подводной прокладки силовые кабели резиновой изоляцией, не имеющие свинцовой оболочки, причем для подземной прокладки американским фирм выпускает сейчас силовые кабели без всяких дополнительных защитных покровов, кроме защитного резинового шланга такого же типа, как и для переносных шланговых кабелей. Применение влагостойкой резиновой изоляции, кроме большой экономии, даст возможность создать значительно более легкие типы подводных и подземных кабелей, что позволит сильно увеличить их строительную длину и облегчит их прокладку. Подводные кабели с резиновой изоляцией имеют еще то значительное преимущество, что они много лучше выдерживают зацепления якорями. У нас пока еще не созданы сорта полностью влагостойкой резины, но уже первые исследования, проведенные в этом направлении, показали на возможное заметное повышение влагостойкости, даже при применении нормального каучука за счет изменения наполнителей, усиливающих влагопоглощение. На рис. 6 представлены результаты испытания 40% резин, имеющих такой же состав как и 40% нормальная резина литер Г-7, но :

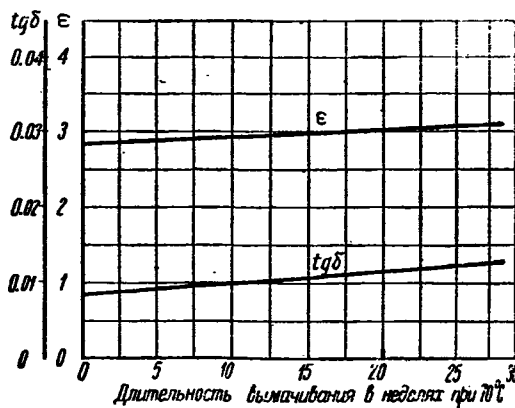


Рис. 4

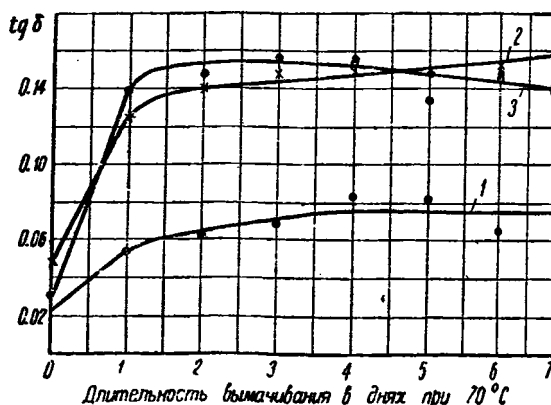


Рис. 5. 1 — резина с 30% НК (ДСК-1); 2 — с 40% НК (Ф-5); 3 — с 50% НК (Ф-5)

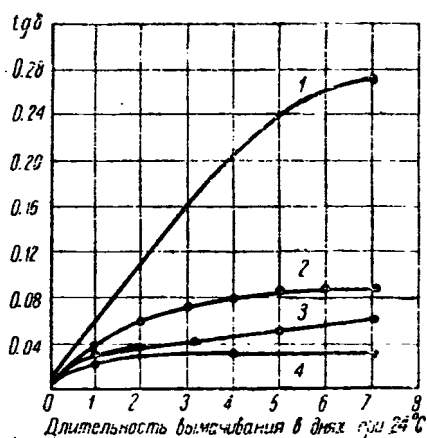


Рис. 6. 1 — каолин; 2 — мел химический и 3 — плавеный; 4 — цинковые белила

которых вместо комбинации наполнителей использован какой-нибудь один из них. Как видно из рис. 6, влияние сорта наполнителя очень велико. Путем правильного подбора наполнителей можно получить резину, обладающую существенно лучшей влагостойкостью, чем нормальная.

В Союзе мы постепенно переходим с НК на СК-Б, поэтому дальнейшая наша работа должна быть направлена в первую очередь по линии изучения влагостойкости изоляции, изготовленной из СК-Б. Нормальный союзный СК-Б обладает, вследствие значительного содержания в нем щелочи, сильной влагопоглощаемостью и поэтому является довольно плохим диэлектриком. Если количество щелочи в СК-Б, путем тщательной вымывки, довести до сотых процентов, то, по-скольку в СК-Б полностью отсутствуют протеины, можно ожидать, что влагостойкость резины, изготовленных из промытого СК-Б, будет весьма высокой.

Одновременно с работой по изучению свойств промытого СК-Б рационально внедрить в нашу практику также и депротенинизированный каучук, а как импорт НК для ответственных изделий у нас пока производится.

Маслостойкость. Нормальная резиновая изоляция, изготовленная на основе НК, или СК-Б, не устойчива по отношению к нефтяным маслам. Изоляция отдельных жил и наружные шланговые оболочки при погружении их в масло на сравнительно короткое время сильно набухают, поглощая более 100% масла по отношению к своему первоначальному весу, и затем разрушаются, сворачиваясь в слизистую массу.

Попытки повышения маслостойкости резиновых оболочек на основе НК путем подбора рецептуры не дали существенных результатов и реше-ние было найдено лишь в применении нового рукоподобного материала — совпрена (СК-С). Совпрен является продуктом полимеризации пропрена.

Стадии α-полимера совпрен подобен по своим механическим и технологическим свойствам, вулканизованному каучуку, а в стадии ε-поли-—вулканизованному каучуку. Совпрен обладает значительной стойкостью по отношению к нефтяным маслам. Испытания образцов шлангов кабелей с оболочками из совпрена, произведенных на заводе «Севкабель», показали, что

набухаемость совпреновых оболочек в трансформаторном масле в 4 раза меньше, а в машинном и моторном масле в 10 раз меньше, чем оболочек из СК-Б, и что путем подбора рецептуры можно еще уменьшить маслопоглощение. Дальнейшие опыты показали, что даже при длительном пребывании в нефтяных маслах оболочки кабеля не разбухают и не теряют существенно свою первоначальную механическую прочность, становясь лишь несколько мягче и эластичнее.

В большинстве случаев в эксплуатации имеет место лишь периодическое попадание масла на кабели и провода. Поэтому практически совпреновые оболочки можно считать вполне стойкими к минеральным маслам. Из всех нефтепродуктов лишь бензин оказывает существенное воздействие на совпрен, но и в этом случае наблюдается лишь набухание, но не разрушение оболочек. Эксплуатация опытных переносных кабелей с защитными оболочками из совпрена в машинных и котельных помещениях дала хорошие результаты. Поэтому можно рекомендовать применение защитных совпреновых оболочек для переносных кабелей типа ШРПС и КРПТ, которые по условиям своей эксплуатации могут подвергаться воздействию нефтяных масел. Наличие у совпреновых оболочек неприятного запаха не может служить в данном случае существенным препятствием, так как обычно применяются кабели небольшой длины. Кроме того, этот запах в результате воздействия масел быстро исчезает.

В настоящее время еще нельзя считать разрешенной задачу создания маслостойкой резиновой изоляции, так как нормальный совпрен, несмотря на свою озоностойкость, при наличии в нем небольшой остаточной кислотности имеет сравнительно невысокие изолирующие свойства. По данным Е. Б. Ловецкой (завод «Севкабель»), 30% резина, изготовленная из лучших сортов совпрена, дезодорированного обработкой ацетоном, имеет удельное объемное сопротивление $\rho = 4-6 \cdot 10^{13}$, $\text{tg } \delta$ равный при 20° С 0,015—0,025 и 60° С — 0,07—0,08, и $\epsilon = 5,3-5,8$. При погружении в воду все изоляционные характеристики совпреновых смесей резко ухудшаются. В тех случаях, когда к проводам не предъявляются высокие изоляционные требования, применение совпрена возможно уже сейчас. Например, завод «Севкабель» уже около двух лет изготавливает кабели для телеграфных аппаратов «БОДО» с изоляцией из совпрена.

Возможно, что благодаря своей хорошей озоностойкости применение совпрена даст хорошие результаты и для целого ряда других проводов, например для проводов магнето, но этот вопрос еще подлежит изучению.

Горючесть. Нормальная резиновая изоляция, изготовленная как из НК, так и из СК-Б, — горюча. Будучи подожженными, резиновые изоляция и резиновые защитные оболочки продолжают гореть в любом положении и после удаления из пламени. Это делает нормальные установочные провода опасными в пожарном отношении и является одним из серьезных возражений к применению оцинкованных кабелей для ответственных внутренних прокладок.

Исследования, произведенные на заводах «Сев-

кабель» и «Электропровод» в 1936 и 1937 гг., показали, что на основе совпрена можно получить весьма мало горючие и практически не распространяющие горения оболочки, обладающие при этом хорошими механическими свойствами. Особенно хорошие результаты получаются, если при изготовлении совпреновой смеси применить вместо нормальных мягчителей типа парафина, стеарина и т. п. негорючие пластификаторы, например трикрезилфосфат и галовакс, обладающие способностью гасить пламя.

В 1936 г. группа инженеров завода «Севкабель», учитывая также теплостойкость и маслоустойчивость совпрена, предложила применить кабели с совпреновыми оболочками взамен оцинкованных кабелей, а группа инженеров завода «Электропровод» предложила совпрен для оболочек врубных кабелей. Изготовленные на заводе «Севкабель» образцы кабелей с оболочкой из совпрена испытывались на горючесть путем длительного внесения их в пламя большой паяльной лампы. При этом горение совершенно не распространялось вдоль по кабелю при любом его положении, хотя участок, находящийся в пламени, раскалялся докрасна и обугливался. Для проверки влияния внутренних источников пламени на совпреновые оболочки был произведен следующий опыт. По двум кабелям одинакового сечения один со свинцовой оболочкой, а другой с совпреновой, пропускался ток такой силы, что токоведущие жилы раскалялись докрасна. Свинцовая оболочка расплавилась, и кабель начал гореть открытым пламенем. Совпреновая оболочка не воспламенилась и осталась цела, за исключением нескольких мест, прорванных газами. Такие же результаты были получены заводом «Электропровод» при испытании врубных кабелей. Применение совпреновых оболочек для врубных кабелей уже проверено более чем годичным опытом эксплуатации и официально рекомендовано Горнотехнической инспекцией. Внедрение кабелей с совпреновыми оболочками, взамен СРМ и СРГ, задержалось ввиду того, что нормальный совпрен, как указывалось, обладает резким и вредным запахом. Работы, проведенные в текущем году, показали, что этот недостаток совпрена поддается устранению.

За границей также ведутся работы по созданию кабелей, заменяющих оцинкованные кабели типа СРГ и СРМ. Например, в Англии еще до появления совпрена широко применялись кабели со шланговыми оболочками для неподвижных прокладок на кораблях и промышленных установках и сооружений. В Германии сейчас работают над созданием кабелей с оболочками из пластмасс.

Озоностойкость. Еще недавно не умели изготавливать кабелей с резиновой изоляцией, которые могли бы надежно работать при высоком напряжении. Это объясняется тем, что растянутая резина (резиновая изоляция кабелей всегда неизбежно несколько растянута) катастрофически быстро разрушается при соприкосновении с озоном, с образованием характерных трещин. Ввиду возрастающей потребности в гибких высоковольтных кабелях все время велись работы по

резиновой изоляцией. В последнее время эта работа увенчалась значительным успехом и сейчас за границей уже изготавливают высоковольтные кабели с резиновой изоляцией на напряжение: 85 kV переменного тока и до 240 kV постоянного.

При отсутствии короны резина является прекрасным диэлектриком и пробивная прочность мало зависит от времени. Поэтому основной способ разрешения задачи создания высоковольтных кабелей с резиновой изоляцией заключается в предупреждении образования короны.

С этой целью нижний слой изоляции, прилегающий к токоведущей жиле, и верхний наружный делаются из проводящей резины. При этом воздушные включения, обычно остающиеся между токоведущей жилой и изоляцией, а также между изоляцией и внешними покровами (свинцовая оболочка, металлическая оплетка и т. п.), будут шунтированы полупроводящими слоями.

Такую конструкцию имеют современные резиновые кабели и трехжильные шланговые кабели на напряжения 10 и 15 kV.

В результате исследовательских работ, проведенных за последнее время на заводе «Севкабель», удалось изготовить опытные высоковольтные кабели с резиновой изоляцией, также обладающие не плохими свойствами.

Например, на рис. 7 представлены кривые $U_{пр} = f(T)$ для опытного кабеля с резиновой изоляцией толщиной 9 мм на 30 kV переменного тока и для современного 35-kV кабеля с пропитанной вязким составом бумажной изоляцией. Из этого рисунка видно, что даже опытный кабель имеет запас прочности, не меньший, чем кабели с пропитанной бумажной изоляцией; в видимом, прочность этого кабеля возможно еще повысить.

Второй путь решения задачи создания высоковольтных кабелей с резиновой изоляцией заключается в получении резин, электрическая прочность которых не так резко падает при растяжении. Имеются сведения, что введение в резиновые смеси больших количеств различных пластических материалов типа озокерита и

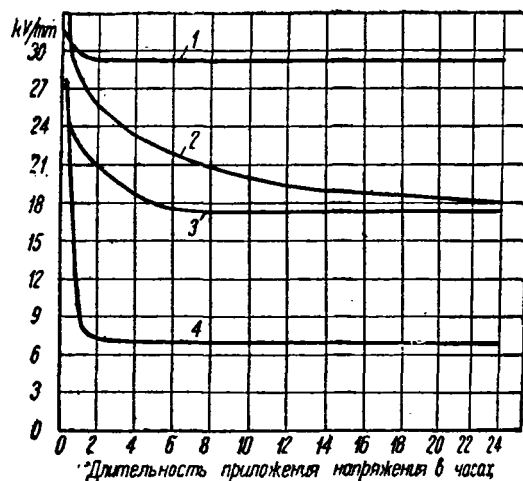


Рис. 7

1 — резиновое полотно, толщиной 0,5 мм; 2 — 35-kV кабель с бумажной изоляцией; 3 — опытный 30-kV кабель с резиновой изоляцией; 4 — растянутое резиновое полотно

на позволило получить резины на основе натурального каучука, которые выдерживают воздействие озона и в растянутом виде. Однако эта резина обладает худшими механическими свойствами, чем нормальная, и она применяется, главным образом, для изолирования ответственных проводов на сравнительно высокие напряжения, например кабели для нефтяных ламп.

♦♦

В статье мы отнюдь не исчерпали тех задач, которые выдвигает третья пятилетка перед кабельной промышленностью в деле создания новых кабелей и проводов с резиновой изоляцией. Например, в последнее время, в связи с освоением техники, возникает серьезный спрос на изоляцию, способную сохранить эластичность и гибкость при температурах до $-40 \div 50^\circ \text{C}$. Возник также спрос на гибкие кабели с резиновой изоляцией и резиновыми защитными оболочками, способными работать под водой при давлении до 1 ат.

Кроме того, очень многое нужно сделать в области улучшения свойств нормальных сортов резины, применяемых в настоящее время. Например,

известно, что шланговые оболочки врубных кабелей, изготовляемых из СК-Б, имеют очень небольшой срок службы, вследствие недостаточной механической прочности резины на основе СК-Б и, в частности, ее малой сопротивляемости раздиру. Небольшой срок службы имеют шланговые оболочки при прокладке кабелей на открытом воздухе и, в особенности, при прямом попадании на них солнечных лучей. При непосредственном воздействии солнца срок службы оболочек столь резко сокращается, что в такие условия эксплуатации можно ставить кабели лишь при настоятельной в этом необходимости.

Для успешного проведения работы по созданию новых сортов резиновой изоляции и усовершенствованию нормальных сортов необходимо резко расширить и модернизировать имеющееся производственное оборудование и превратить резиновые цехи кабельных заводов в цехи, способные выпускать наряду с массовой продукцией также и сложные ответственные изделия по индивидуальным заказам. Необходимо также расширить лабораторную базу кабельных заводов; имеющиеся лаборатории не располагают необходимой площадью и оборудованием и поэтому не могут развернуть исследовательские работы в должном масштабе.

Масляные и соволоковые конденсаторы

М. Г. ГЕРЦЕНШТЕЙН и С. Л. СОКОЛОВА

Московский трансформаторный завод им. Куйбышева

КОНДЕНСАТОРНОЕ масло, применяемое для заливки бумажно-масляных конденсаторов, представляет собой хорошо известное трансформаторное масло, подвергнутое дополнительной тщательной осушке и очистке от загрязняющих примесей.

Операции по очистке масла значительно повышают его пробивное напряжение и удельное сопротивление и снижают диэлектрические потери. Однако они практически не сказываются на величине диэлектрического коэффициента.

Небольшая диэлектрическая проницаемость масла $-2,2 \div 2,5$, сравнительно с диэлектрической проницаемостью волокон конденсаторной бумаги (около 6) ведет к тому, что диэлектрическая проницаемость пропитанной маслом бумаги не превышает $3,3-3,6$.

Сравнительно недавно в СССР и США была найдена новая синтетическая изолирующая жидкость, называемая соволом в СССР, в основном состоящая из пентахлордифенила ($\text{C}_{12}\text{H}_5\text{Cl}_5$), которая имеет диэлектрическую проницаемость порядка 5. Проницаемость пропитанной соволом бумаги лежит между 5 и 6, и, следовательно, применение его взамен масла значительно повышает удельную емкость, а значит, и реактивную мощность конденсаторов. Совол имеет еще одно важное преимущество перед маслом — он не горит.

К числу недостатков совола следует отнести — большую чувствительность его к загрязнениям, вызываемые им при попадании довольно сильные, хотя и проходящие, раздражения слизистых оболочек, а также и кожи при частом попадании. Проводятся специальные работы по изучению токсичности совола и разработке наиболее совершенных условий работы с ним.

Представляет интерес сравнить свойства первых соволоковых конденсаторов, массовый выпуск которых налаживается на Московском трансформаторном заводе им. Куйбышева (МТЗ), с масляными конденсаторами, производимыми заводом уже около пяти лет.

Технология соволоковых конденсаторов имеет свои особенности. Совол перед заливкой конденсаторов подвергается длительной форвакуумной дегазации при высокой температуре. Сволоковые конденсаторы по сравнению с масляными находятся в сушильно-пропиточных шкафах на 30—35% больше времени, чем масляные, главным образом за счет удлинения времени дегазации под глубоким вакуумом уже залитых конденсаторов.

Тангенс угла потерь. На рис. 1 представлена температурная зависимость $\text{tg } \delta$ для соволокового и масляного 6-kV конденсаторов при рабочем градиенте 15 kV/mm.

Кривая $\text{tg } \delta$ соволокового конденсатора имеет

четко выраженную U-образную форму, что характерно для бумаги, пропитанной дипольной жидкостью, какой является совол. Для масляного конденсатора эта кривая идет значительно выше, но также имеет минимум (весьма близкий к минимуму для соволовых конденсаторов, при $30 \div 35^\circ \text{C}$), вероятнее всего, обусловленный дипольной природой молекул волокон самой бумаги, так как масло не относится к дипольным жидкостям.

$\text{tg } \delta$ пропитанной бумаги, измеренный при рабочих градиентах и температурах (если только бумажная изоляция конденсатора прошла глубокую и надежную сушку) характеризует степень чистоты пропитывающей жидкости, так как при указанных условиях в общем балансе потерь пропитанной бумаги доминирующее значение имеет ионная проводимость.

При 70° и градиенте $15\text{--}16 \text{ kV/mm}$ $\text{tg } \delta$ 6-kV соволовых конденсаторов МТЗ лежит в пределах $0,2\text{--}0,35\%$, а масляных — $0,18 \div 0,25\%$.

Независимо от рода жидкости, применяемой для заливки конденсаторов, они подвергаются одинаковому процессу сушки, и более высокие значения $\text{tg } \delta$ соволовых конденсаторов следует объяснить большей чувствительностью совола к загрязнениям. Это подтверждается тем, что при 70° вязкость совола больше, чем масла, ионная же проводимость при одинаковых прочих условиях обратно пропорциональна вязкости.

Сравнительно большая чувствительность совола к загрязнениям является следствием его более высокой, чем масла, диэлектрической проницаемости, что увеличивает степень диссоциации попавших в него загрязнений.

Поэтому при работе с соволом нужно соблюдать предельную чистоту. Если совол недостаточно чист, его подобно конденсаторному маслу перед пропиткой подвергают специальной очистке (адсорбирующей и нейтрализующей глиной кил).

Здесь целесообразно заметить, что присутствие

резины значительно ухудшает электрические характеристики совола. Поэтому в качестве уплотняющего материала для соволовых конденсаторов применяют пробку.

$\text{tg } \delta$ 6-kV масляных конденсаторов МТЗ при рабочем градиенте (15 kV/mm) лежит в пределах $0,1\text{--}0,2\%$, те же конденсаторы на 380° при их рабочем градиенте ($7,5 \text{ kV/mm}$) и той же температуре имеет $\text{tg } \delta = 0,25\text{--}0,4\%$. При градиенте 15 kV/mm $\text{tg } \delta$ низковольтных конденсаторов будет еще выше [см., например, $\text{tg } \delta = 0,4\%$ при 20° для масляного конденсатора, рис. 1]. Разница в значениях $\text{tg } \delta$, возможно, обусловлена зависимостью барьерного действия бумаги от числа слоев, а также от степени прессовки секций.

Действительно, 6-kV конденсаторы имеют несколько параллельно соединенных групп, каждая из трех последовательно — соединенных секций по семи листов, в низковольтных же — все секции имеют по 4 листа и подключены параллельно.

Такое же примерно соотношение наблюдается и в случае соволовых конденсаторов: высоковольтные конденсаторы при комнатной температуре и рабочем градиенте имели $\text{tg } \delta = 0,14\text{--}0,25\%$, а низковольтные — $0,33 \div 0,4\%$.

Помимо абсолютной величины, важное значение имеет, как растет $\text{tg } \delta$ с температурой в области рабочих температур. Резкое возрастание при неблагоприятных условиях отвода тепла может повлечь тепловой пробой изоляции. Предельная рабочая температура масляных конденсаторов равна 55° , для соволовых (по аналогии с американскими пираноловыми) можно брать 70° .

Из рис. 1 следует, что при повышении температуры масляного конденсатора на 20° ($\text{с } 45^\circ$ до 65°) $\text{tg } \delta$ возрастает на $0,00015$, а соволовых (от 45° до 80°) на $0,0009$, т. е. значительно больше. Большая зависимость $\text{tg } \delta$ соволовых конденсаторов от температуры требует тщательной проверки каждой конструкции на тепловой пробой.

Таким образом по значениям $\text{tg } \delta$ и по величине $\Delta \text{tg } \delta$ соволовые конденсаторы несколько уступают масляным.

Зависимость $\text{tg } \delta$ от градиента при температуре $15\text{--}20^\circ$ для обоих конденсаторов представлена на рис. 2. Кривые $\text{tg } \delta = f(E)$ весьма близки друг к другу.

В области $15\text{--}45^\circ$ $\text{tg } \delta$ соволовых конденсаторов мало зависит от температуры (рис. 1). Погрешность по приросту тангенса угла потерь в зависимости от градиента, измеренного при комнатной температуре, можно судить о наличии газовых включений в изоляции.

При сравнении кривых $\text{tg } \delta = f(E)$ для масляного и соволовых конденсаторов не следует упускать из виду, что при одинаковом количестве и величине газовых включений в случае соволовых конденсаторов потери на ионизацию будут больше, так как напряженность поля в газе включений бумаги будет выше.

Диэлектрическая проницаемость. Как указано выше, одно из основных преимуществ совола — это большая диэлектрическая проницаемость.

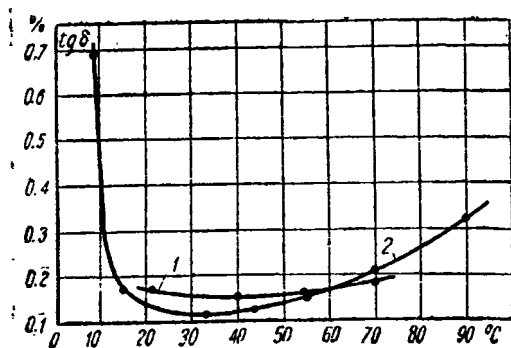
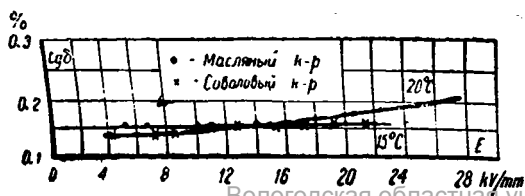


Рис. 1. $\text{tg } \delta = f(t)$ при $E = 15 \text{ kV/mm}$. 1 — масляный конденсатор; 2 — соволовый



Изменение диэлектрического коэффициента с температурой для обоих видов конденсаторов на градиенте 15 кВ/мм показано на рис. 3.

Измерения для целого ряда соволовых конденсаторов показали, что их емкость на 40—55% выше номинальной емкости тех же конструкций, залитых маслом.

Разброс (40—55%) лежит в пределах обычных отклонений фактической емкости от расчетной, обусловленных различной величиной активной площади фольги, неодинаковой прессовкой секций и т. д.

При пропитке соволом тепловой эффект сказывается резко, так как в этом случае дипольными являются как молекулы совола, так и молекулы слонок бумаги. Этим объясняется (рис. 3) более заметное уменьшение ϵ с повышением температуры у соволовых конденсаторов. При повышении температуры от 20 до 70° уменьшение ϵ у соволового конденсатора составляет около 4%, у масляного — около 0,5%.

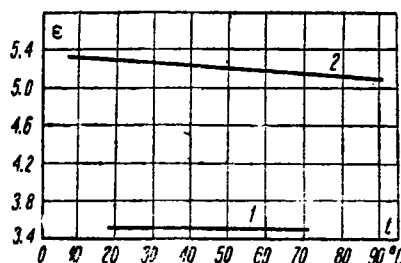


Рис. 3. $\epsilon = f(t)$ при $E = 15$ кВ/мм. 1 — масляный конденсатор; 2 — соволовый

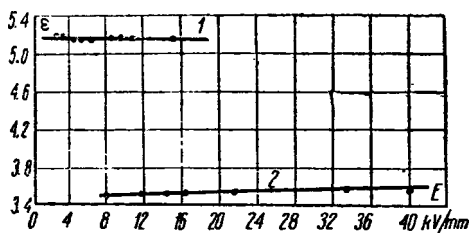


Рис. 4. $\epsilon = f(E)$ при $t = 70^\circ$ C. 1 — соволовый, 2 — масляный конденсатор

Диэлектрическая проницаемость, а следовательно и емкость соволового и масляного конденсатора, остаются практически постоянными в широком диапазоне напряжений (рис. 4).

Испытательное напряжение. При испытании масляных конденсаторов между обкладками прикладывается на 1 мин напряжение, трехкратное номинальному ($3 U_n$). Испытание соволовых конденсаторов тем же напряжением показало резкое ухудшение их изоляции, как об этом можно судить по кривым рис. 5, снятым до и после испытания 6-кВ конденсатора напряжением 18 кВ.

Открытие конденсаторов, испытанных трехкратным напряжением, показало, что совол частично намокнулся с выделением углерода, причем в местах, прилегающих к краям фольги, на бумаге явно заметны ветвистые следы вследствие разрушения бумаги разрядами.

Дальнейшее исследование показало, что испытательное напряжение, равное $2,7 U_n$, (градиент

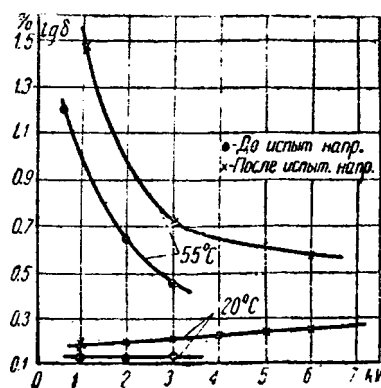


Рис. 5. $\text{tg } \delta = f(U)$

40 кВ/мм), не приводит к увеличению $\text{tg } \delta$. Заметное ухудшение изоляции наблюдается только после приложения 2,8-кратного испытательного напряжения.

Однако кратность испытательного напряжения соволовых конденсаторов по отношению к рабочему была снижена до 2,2 ($E_{исп} = 33$ кВ/мм), исходя из следующих соображений: 1) градиент, при котором начинается разложение совола, может быть ниже того, при котором еще не наблюдается увеличения $\text{tg } \delta$, т. е. меньше 40 кВ/мм; 2) разложение совола может наступить под влиянием краевых градиентов, величина которых при одних и тех же значениях градиентов по толщине изоляции зависит от абсолютной величины приложенного напряжения; 3) по имеющимся данным GE производит испытание конденсаторов напряжением, равным 2,2-кратному рабочему.

Аналогичные исследования для масляных конденсаторов МТЗ показали, что испытательное напряжение, равное 3-кратному рабочему, даже в случае конденсаторов, работающих при градиенте 15—16 кВ/мм, не увеличивает $\text{tg } \delta$.

Возможно, что с дальнейшим улучшением дегазации можно будет повысить испытательное напряжение соволовых конденсаторов.

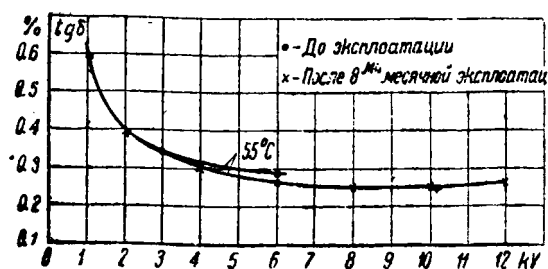
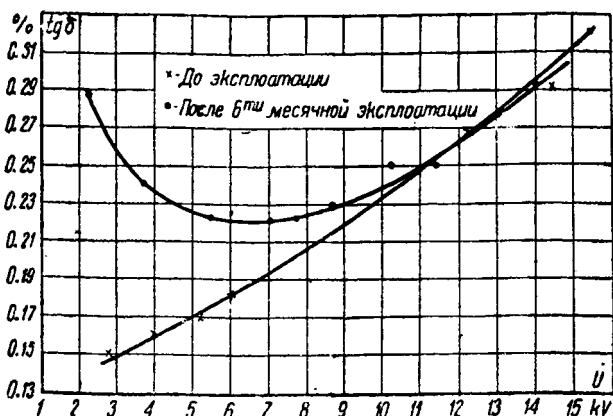
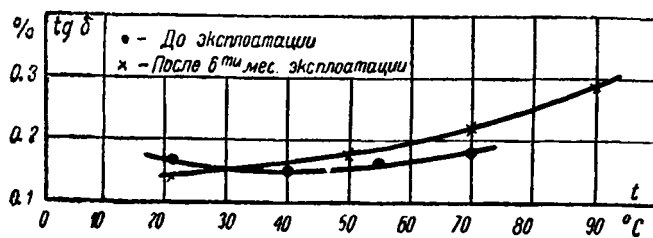
Старение конденсаторов. В последнее время на МТЗ начаты также работы по изучению старения соволовых, масляных конденсаторов, для чего перед включением в нормальную эксплуатацию конденсаторы были подвергнуты некоторым измерениям, которые были повторены после определенного срока службы их в нормальных рабочих условиях.

Всего в пробной эксплуатации находились 2 соволовых (тип КОС-14/6) и 2 масляных (тип КОМ-8/6) конденсатора.

Данные этих исследований для соволовых конденсаторов представлены на рис. 6. Как видно из рисунка, кривая $\text{tg } \delta = f(U)$, снятая при 55° до и после 8-месячной работы конденсатора, практически не изменилась.

Из двух масляных конденсаторов один после снятия зависимости $\text{tg } \delta = f(U)$ при разных температурах был поставлен на эксплуатацию на 6 мес., а другой после тех же измерений был оставлен на хранение при комнатной температуре (8—20°).

Спустя полгода были сняты характеристики $\text{tg } \delta = f(U)$ при 55 и 70° конденсатора, не бывшего в эксплуатации. Эти характеристики полностью

Рис. 6. $\operatorname{tg} \delta = f(U)$ Рис. 7. $\operatorname{tg} \delta = f(U)$ при $t = 70^\circ\text{C}$ для масляного конденсатораРис. 8. $\operatorname{tg} \delta = f(t)$ при $E = 15 \text{ kV/mm}$

совпали с аналогичными кривыми, снятыми в начале опыта.

Работавший конденсатор через 6 мес. показал заметное изменение характеристик $\operatorname{tg} \delta = f(U)$, снятых при температурах 20, 35, 70° ; характеристики, для 70° представлены на рис. 7.

Как видно из рис. 7, если конденсатор до работы имел почти прямолинейный ход кривой $\operatorname{tg} \delta = f(U)$, то после эксплуатации кривая приобрела U-образную форму, причем при рабочем напряжении величина $\operatorname{tg} \delta$ лежит в области минимальных значений.

Анализ проб масла (взятых из обоих конденсаторов после вторичного измерения), на температурный ход $\operatorname{tg} \delta$, вязкость при 20 и 55° , кислотное число и число омыления не показал заметной разницы между обеими пробами.

Возможно, что одной из причин изменения электрических характеристик работающего масляного конденсатора является наличие разрядов в масляных промежутках пропитанной бумаги. В работе, опубликованной проф. А. Ф. Вальтером и инж. Л. Д. Инге¹, указывается, что при гради-

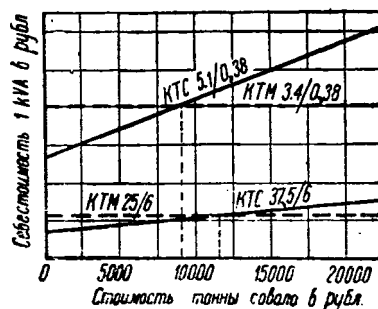


Рис. 9

енте 15 kV/mm в пропитанной трансформаторным маслом бумаге начинают наблюдаться разряды.

Разряды в масляных пленках пропитанной бумаги ухудшают ее электрические характеристики, что в известной мере подтверждается данными рис. 8, на котором представлена зависимость $\operatorname{tg} \delta = f(t)$ до и после эксплуатации масляного конденсатора.

Сравнительная стоимость соволовых и масляных конденсаторов. На рис. 9 представлена зависимость себестоимости 1 kVA соволовых конденсаторов от цены на совол для двух основных трехфазных конструкций² — на 380 V и 6 kV.

Для сравнения на этом же графике нанесена себестоимость 1 kVA при масляном наполнении этих же конструкций, причем себестоимость масла исчислялась в 340 руб. за тонну.

При подсчете себестоимости предполагается, что стоимость рабочей силы и накладные расходы для одной и той же конструкции остаются постоянными — они не зависят от того, заполнен конденсатор маслом или соволом.

Такая предпосылка не совсем верна и дает значительное преуменьшение цены 1 kVA соволовых конденсаторов.

Как видно из кривых, при стоимости 1 т совола в 9250 руб. удельная себестоимость низковольтных соволовых конденсаторов будет та же, что и у масляных. Однако в случае выпуска высоковольтных и мощных конденсаторов стоимость совола может быть и выше — 11750 руб. за тонну.

Мы полагаем, что при хорошо налаженном освоении производства совола стоимость 1 kVA, как показывают некоторые экономические расчеты, может быть доведена примерно до 400–500 руб.; в этом случае себестоимость 1 kVA соволовых конденсаторов будет меньше, чем у масляных.

Для того чтобы иметь примерное представление о потребности в соволе при изготовлении конденсаторов обоих приведенных типов, было считано необходимое количество совола для 10000 kVA. Оказалось, что на эту мощность требуется 46 т совола, а в случае высоковольтных — 6 т. Приведенные цифры относятся к существующим конструкциям конденсаторов. В настоящее время на МТЗ ведутся работы по изменению конструкции соволовых конденсаторов с целью уменьшения расхода совола.

² Массовому производству наиболее рентабельной конструкции должно предшествовать тщательное изучение тепловых характеристик.

¹ Известия электропромышленности слабого тока, № 2.

количества потребного совола. Это имеет большое значение, так как удельный вес совола в два раза больше удельного веса масла.

Особое следует отметить, что при одном и том же выпуске конденсаторов по суммарной мощности в kVA при заливке конденсаторов соволом для применяемого сейчас масла расход всех

прочих материалов, в том числе таких дефицитных, как конденсаторная бумага и алюминиевая фольга, снизится на 30—35%.

В настоящей работе по освоению и внедрению в производство соволовых конденсаторов принимали большое участие инж. М. С. Иоффе и инж. А. М. Утевский.

Магнитный спектр, как одно из технических условий на трансформаторную сталь

В. К. АРКАДЬЕВ

Москва

СЛЕДСТВИЕ повышения требований к качеству магнитных сталей, употребляющихся в электротехнике, все более разнообразным образом делается выбор материалов для сердечников дросселей и трансформаторов, применяемых в линиях телефонной связи, в радиоприемниках и в других электроакустических устройствах. Таким образом возникли сплавы с исключительно большой проницаемостью, сплавы с высокой проницаемостью, на протяжении нескольких эрстедов не зависящей от напряженности поля, также магнитно-устойчивые сплавы, в которых проницаемость не зависит от подмагничивания. В последние годы все большее внимание привлекает величина магнитной вязкости магнитных материалов. Магнитная вязкость некоторых веществ при переходе в высокие частоты может сильно снижать проницаемость, что само по себе вредно, так как может вызывать искажения звуковой передаче. Кроме того, снижение проницаемости вещества с увеличением частоты связано с вязкими потерями на перемагничивание; и следует отличать от потерь на гистерезис проницаемости очень мало и практически незаметно, например, в кремнистой жести (рис. 1), возникающие от этого потери на вязкость в слабых полях иногда все же могут быть весьма вредны; это, например, имеет место в пупиновских катушках, которые должны иметь минималь-

ные магнитные потери. Вот почему зависимость магнитных свойств от частоты переменного магнитного поля или вопрос о магнитном спектре ферромагнитных веществ теперь вышел за пределы чисто научных и лабораторных интересов и в последние годы приобрел большое промышленное значение.

Кривые зависимости от частоты начальной проницаемости μ_a (рис. 1) двух сортов пермаллоя (B и C) и кремнистой стали (Si) несколько лет назад были опубликованы в одном промышленном журнале [1]. Кривые этого рисунка, где по оси абсцисс отложена частота f , в сущности и представляют собой магнитные спектры проницаемости этих трех материалов.

В настоящее время заводы-потребители, использующие для электроакустической аппаратуры и для радиоаппаратуры мягкие магнитные материалы в слабых полях (малые доли эрстеда), должны требовать от заводов-поставщиков магнитный материал с определенной зависимостью проницаемости от частоты, оговоренной в технических условиях на данный материал.

Приводим таблицу некоторых наиболее типичных сортов листовой трансформаторной стали, спектральные свойства которой описаны в литературе. В таблице: d — толщина листов в мм, γ — удельная электропроводность листа в единицах CGSm, μ_a — начальная проницаемость, т. е. проницаемость при напряженности магнитного поля, близкой к нулю. Фактор a означает коэффициент возрастания проницаемости в формуле

$$\mu = \mu_a (1 + aH). \quad (1)$$

Нужно, впрочем, иметь в виду, что рост μ с полем не всегда укладывается в эту зависимость. Буквой H обозначена напряженность поля в эрстедах. К указанным в таблице пределам частоты (в герцах) и к этим H относятся приведенные в пяти последних столбцах спектральные характеристики. Сталь Верх-Исетского завода имела или заводской отжиг или дополнительно отжигалась в водороде.

Мы различаем магнитные спектры трех основных типов: ступенчатые, многоступенчатые и сплошные или непрерывные; первые характеризуются

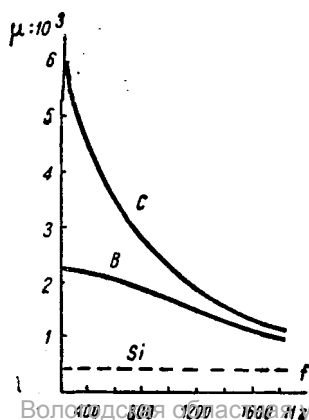


Рис. 1. Зависимость начальной проницаемости пермаллоя и кремнистой стали от частоты магнитного поля (магнитные спектры)

Магнитные спектры железа и некоторых его сплавов в слабых полях

№	Автор	Материал	Завод	Обработка	d mm	$\mu_{\text{ср}}$ CGS	μ_a	α H ^{eff}	Характер спектра	Обследуемая область Hz	m	m ₁	m ₂	f ₁ Hz	f ₂ Hz
1	Уильсон [3]	Железо	Америк.	—	0,0541	6,7	—	630	1-ступенч.	10 ³ —1,5210 ⁶	83	135	—	5,9·10 ⁵	—
2	Велецкая и Гойтаников [5]	Пермаллой	Электросталь	—	0,165	4,72	6550	58	"	400—2500	2740	2260	—	1100	—
3	Анонимн. [1]	Пермаллой В	Шведск.	—	—	—	—	—	"	200—1800	556	1890	—	1200	—
4	Анонимн. [1]	Пермаллой С	"	—	—	—	—	—	"	200—1800	667	5780	—	600	—
5	Херман [6]	Железо	AEG	—	0,3	10	2046	76	0	0,03—2000	308	1060	738	0,25	1020
6	"	"	"	—	0,3	10	2046	76	3,5	0,03—40	1545	374	374	0,095	0,25
7	"	"	"	—	0,3	10	2046	76	3,5	0,03—40	1563	1094	—	0,095	0,25
															$f_3=103$ $f_1=0,64$ $f_2=1,43$
8	Велецкая [7]	Сталь 4% Si	В-Исегск.	Отожжен.	0,5	1,79	260	0	0	500—4000	0	0	—	—	—
9	"	"	"	"	0,5	1,79	260	0,4	4	500—4000	0	0	—	—	—
10	"	"	"	"	0,5	1,79	260	0	12	500—4000	0	0	—	—	—
11	"	"	"	Отожжен. в H ₂	0,5	1,79	400	0	0	500—3000	26	25	—	—	—
12	"	"	"	"	0,5	1,79	400	0,4	4	500—3000	67	—	—	—	—
13	Велецкая и Гойтаников [5]	"	"	"	0,5	1,79	400	0	12	500—3000	82	—	—	—	—
14	Велецкая [7]	"	"	"	0,5	1,7	390	0,2	5	26—500	200	207	—	—	—
15	"	"	"	Отожжен.	0,36	1,79	250	—	0	500—2500	10	7	—	—	—
16	"	"	"	"	0,36	1,79	250	—	4,4	500—2500	10	—	—	—	—
17	"	"	"	"	0,36	1,79	250	—	12	500—2500	35	—	—	—	—
18	Велецкая и Гойтаников [5]	"	"	"	0,23	1,7	130	—	2,5	500—5000	0	0	—	—	—
19	То же	"	"	Отожжен. в H ₂	0,23	1,7	710	—	2,5	500—5000	300	570	—	—	—
20	Велецкая [7]	"	"	"	0,18	1,7	780	—	0	500—2500	165	160	—	—	—
21	"	"	"	"	0,18	1,7	780	—	1,8	500—2500	200	—	—	—	—
22	"	"	"	"	0,18	1,7	780	—	3,6	500—2500	220	—	—	—	—

одной или несколькими ступенями консервативной проницаемости μ и соответствующим числом полос консумптивной проницаемости ρ' ; эти полосы представляют собой холмообразные кривые абсорбции энергии магнитного поля при перемагничивании (рис. 2). Если ступени и полосы расположены очень близко друг к другу, то возможно взаимное наложение одних на другие (рис. 3). Сплошные спектры характеризуются непрерывным убыванием консервативной проницаемости μ на протяжении частот и равномерно определенной, не зависящей от частоты консумптивной проницаемостью (рис. 4).

Наблюдающиеся на опыте магнитные спектры во всех областях частот вплоть до частот радио, укладываются в рамки общей теории пассивных спектров, развитой В. К. Аркадьевым [2] на базе теории оптической дисперсии абсорбции. Она применима в области магнитных явлений в случае слабых магнитных полей, когда проницаемость μ не зависит или еще очень мало зависит от напряженности поля. Здесь в конкретных примерах показывается, как можно использовать параметры названной теории спектров для характеристики отношения технического магнитного материала к разным частотам переменного магнитного поля.

В дальнейшем мы рассматриваем только спектры со спадом проницаемости в сторону больших частот. Иногда наблюдаются максимумы проницаемости при определенной частоте.

В последнее время такие максимумы на железе в радиочастоте наблюдали Н. Н. Малов (1931 г.) и в звуковой частоте Шульце (1938 г.). Для характеристики таких спектров необходимо введение еще параметра θ , характеризующего ширину полосы абсорбции.

Согласно теории спектров вязкости каждая элементарная ступень проницаемости представлена формулой

$$\mu = m + \frac{m_1}{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2},$$

где m — часть, не зависящая от частот в данной широкой области частот; m_1 — высота ступени; f_1 — ее характеристическая частота, где кривая ступени опускается на половину ее высоты, т. е. до $\frac{m_1}{2}$.

Кривая ρ' определяется уравнением

$$\rho' = \rho_h + \rho_n,$$

1 Физический смысл величин μ и ρ' ясен из выражения индукции B , отстающей от поля H : $B = \mu H_0 \cos \omega t + \rho' H_0 \sin \omega t$.

$$\rho_n = m_1 \frac{f_1}{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2},$$

(3)

член, обусловленный гистерезисом. Если в слабых полях выражается уравнением (1), выражения работы гистерезиса для малых ρ_n , данного Релзем, можно получить следующее выражение для ρ_n :

$$\rho_n = \frac{4\pi\mu_a}{3\pi} H_{\max}. \quad (4)$$

ряде статей было показано, что теоретические формулы (2) и (3) хорошо оправдываются на деле. Замечательно, что не только самая ступень хорошо представлена уравнением (2) (спектры 1, 2, 3, 4 и 5 таблицы), но что те же параметры f_1 выражают и холм поглощения. Так, в случае спектра 1 — железо Уильсона [3] — разница между вычисленной и наблюдаемой высотой холма составляет несколько процентов и лежит внутри погрешности наблюдения [4]. В случае спектра 2 — сплав «Электростали» [5] — вычисленная высота холма $\rho_n = 1140$; согласно (4)

$$\rho_n = \frac{4 \cdot 58 \cdot 6550 \cdot 1.26 \cdot 2 \cdot 10}{3\pi} = 286,$$

откуда высота

$$\rho' = 1426.$$

Опыт дает 1870. Ход наблюдаемой холмообразной кривой хорошо согласуется с вычисленной по уравнению (3).

В сложном спектре, где полосы накладываются одна на другую,

$$\mu = m + \sum \frac{m_u}{1 + \left(\frac{f}{f_u}\right)^2}$$

$$\rho_n = \sum \frac{m_u f}{1 + \left(\frac{f}{f_u}\right)^2}.$$

Здесь u равно 1, 2, 3...; последнее значение зависит от числа элементарных ступеней типа (2), из которых разлагают спектр. Иногда мы принимаем, что число ступеней бесконечно велико, высота каждой из них m_u бесконечно мала. Тогда мы получаем выражения

$$\mu = m + \frac{p}{2} \ln \frac{f_{II}^2 + f^2}{f_I^2 + f^2}.$$

$$\rho_n = p \left(\arctg \frac{f_{II}}{f} - \arctg \frac{f_I}{f} \right).$$

Здесь

$$p = \frac{m_1}{\ln \frac{f_{II}}{f_I}}.$$

Здесь f_{II} и f_I — границы равномерного распределения f_u по логарифмической шкале частот, m_1 — общая высота всей сложной ступени.

Если интервал $\frac{f_{II}}{f_I}$ порядка 10^4 или еще больше, то получаем сплошной спектр, в котором

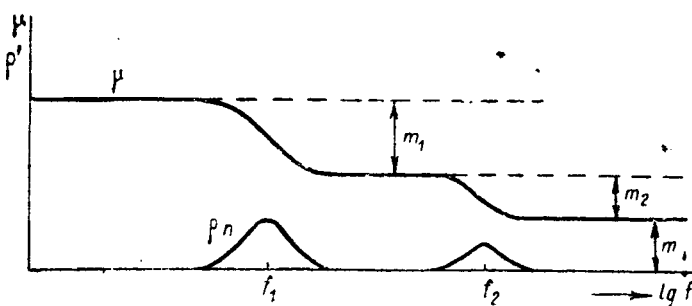


Рис. 2. Двухступенчатый спектр проницаемости. Кривые ρ_n — полосы абсорбции

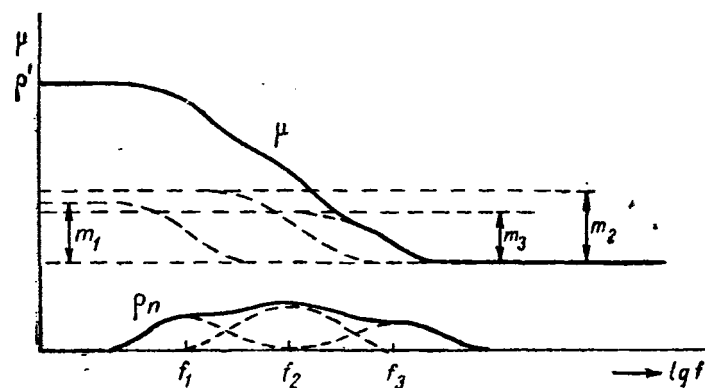


Рис. 3. Многоступенчатый спектр проницаемости

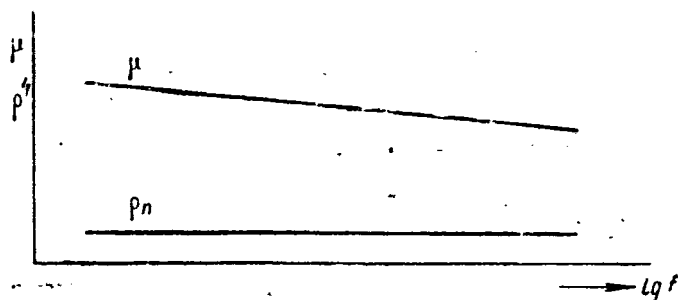


Рис. 4. Непрерывные спектры проницаемости и абсорбции

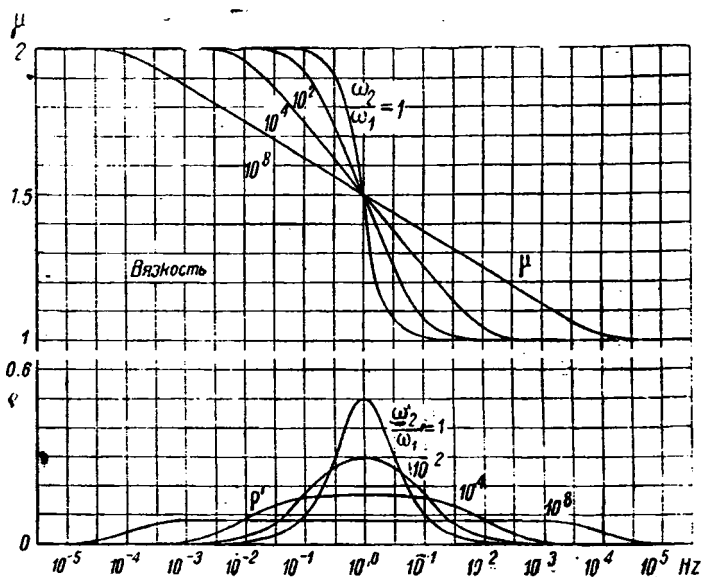


Рис. 5. Переход одноступенчатого спектра в непрерывный спектр при увеличении интервала предельных частот $\frac{f_{II}}{f_I}$ от 1 до 10^8

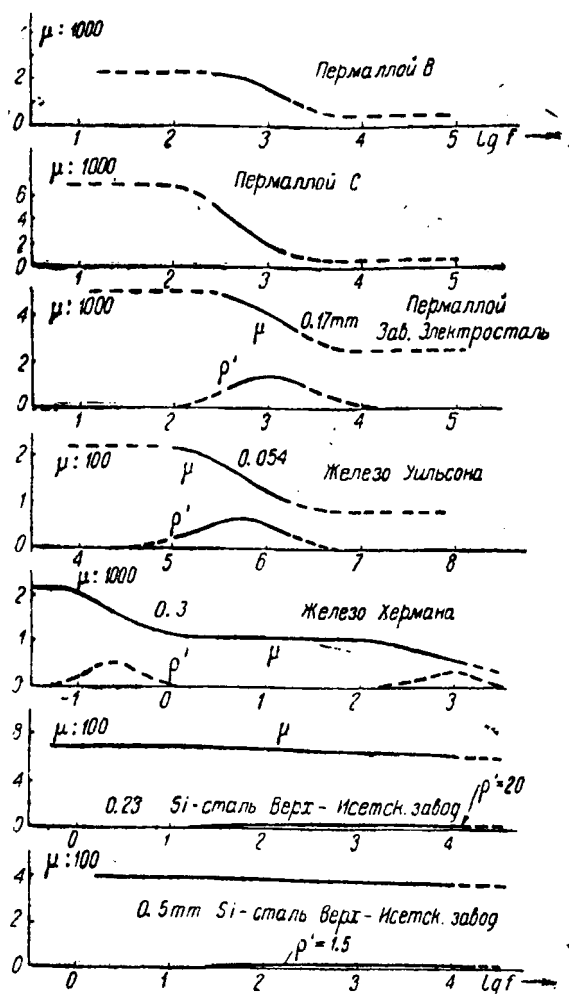


Рис. 6. Магнитные спектры некоторых магнитных материалов, представленные на логарифмической шкале частот. Слабые магнитные поля

имеет постоянную скорость спадания с частотой (см. рис. 5, где $\omega = 2\pi f$). Мерой этой скорости служит

$$v = \left| \frac{\Delta \lg \mu}{\Delta \lg f} \right|.$$

При медленном падении μ угол магнитных потерь φ , равный $\frac{\rho'}{\mu}$, обусловленный гистерезисом и вязкостью, при $f \rightarrow 0$ равен

$$\varphi = \frac{\pi}{2} v + \frac{4a}{3\pi} H_{\max}.$$

При $H_{\max} \rightarrow 0$ угол φ переходит в так называемый коэффициент вязкости e_v . Если e_v при $H \rightarrow 0$ оказывается близким к $\frac{\pi}{2} v$, то это значит, что обследованная область магнитного спектра ле-

жит достаточно далеко от f_l и f_H . Таковы спектры 11, 14 и 20.

Спектральные характеристики m_1 , m_2 , f_1 , f_l и др. для материалов, взятых для примера, приведены в последних столбцах таблицы. Спектры в виде кривых представлены на рис. 6.

Чтобы избежать в трансформаторах или дроселях частотных изменений индуктивности, следует требовать очень тонкую сталь с независимой от частоты проницаемостью, т. е. с непрерывным магнитным спектром и со спектральной характеристикой v , близкой к нулю. Такой материал обычно не дает и больших потерь на вязкость. Наоборот, если в интересующей области частот имеется ступень проницаемости, то даже при минимальной толщине d ни постоянства индуктивности, ни малых магнитных потерь при таком материале получить нельзя. Приведенные в таблице спектральные характеристики указывают, что в этом отношении кремнистая сталь является более надежным материалом, чем пермаллой или чистое железо.

В некоторых случаях, однако, может иметь цену именно непостоянство проницаемости. Например, чтобы избежать увеличения амплитуды наведенной э. д. с. при увеличении частоты, можно было бы с пользой применен сердечник, у которого μ убывает по гиперболе при увеличении частоты. Из рис. 1 видно, что в некоторой области частот этому требованию мог бы удовлетворить пермаллой С. Однако не следует забывать, что падению проницаемости сопутствует усиленное поглощение энергии.

Из сказанного следует, что в технические условия на мягкий магнитный материал, предельно значимый для слабых полей, в некоторых случаях необходимо включать его спектральные магнитные характеристики. Последними могут служить параметры, принятые в теории магнитных спектров вязкости.

Литература

1. Industritidningen, Norden 1930, 362.
2. В. К. Аркадьев. Сборник, посвященный десятилетие Московской магнитной (ныне им. Максвелла) лаборатории; М. 1929—1931. Zs. f. Phys., 27, 37, 1924; 72, 1—2, 116, 1931.
3. В. К. Аркадьев и О. И. Велецкая. Непрерывные магнитные спектры. Изв. ОН А. Н. 1933, 55.
4. В. К. Аркадьев. Электромагнитные процессы в металлах. Энергоиздат. ч. II, М. 1936, стр. 280.
5. Wilson L. T., Proc. Inst. Rad. Eng. 9, 56, 1921.
6. О. И. Велецкая. Ж. эксп. и теор. физики, 7, 1936; Zs. f. Phys., 99, 569, 1936.
7. О. И. Велецкая и В. М. Гойтанников. Сборник "Практические проблемы электромагнетизма", изд. ОН А. Н., стр. 73, М. 1939.
8. Hermann P. C., Zs. f. Phys., 84, 565, 1933.
9. О. И. Велецкая. Сборник "Проблемы электромагнетизма", изд. ОН А. Н., стр. 71, М. 1938.

Мингичаур

Б. В. ТРОИЦКИЙ

Госплан СССР

В ТЕЗИСАХ доклада тов. В. М. Молотова о третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР, принятых XVIII съездом ВКП(б), предусматривается начало строительства в различных республиках нашего Союза ряда новых гидроэлектростанций. В Азербайджанской ССР будет развернуто строительство гидроэнергетического узла, который носит название Мингичаур.

Проблема Мингичаура, несмотря на свою большую историю, не находила должного освещения в печати.

В настоящей статье кратко обрисовываются основные черты этого важного сооружения и отмечается то значение, которое оно будет иметь после своего завершения в народном хозяйстве.

Основной технической идеей Мингичаура является регулирование стока р. Кура в пределах Азербайджанской ССР путем сооружения в Мингичаурской горловине плотины. Природные условия позволяют решить эту трудную задачу.

В Самухском районе р. Кура протекает в восточном направлении между двумя параллельными горными грядками: с севера имеется хребет Конджишен и с юга — Боздаг. Оба эти хребта образуют чашу, которая может быть использована как водохранилище. Площадь чаши равняется примерно 1000 км² при длине (по течению р. Куры) 85—90 км и средней ширине до 10—11 км.

При полном заполнении паводочными водами котловины (которое будет происходить на протяжении ряда лет), образуется водохранилище емкостью 16 млрд. м³ брутто, что даст возможность осуществить многолетнее регулирование стока р. Куры.

Мингичаурское сооружение, являясь довольно сложным гидротехническим узлом, решает целый комплекс вопросов, которые имеют чрезвычайно большое значение не только для Азербайджанской республики, но и для всего народного хозяйства Союза в целом.

Прежде всего регулирование р. Куры путем создания водохранилища позволит соорудить здесь гидроэлектростанцию мощностью в 300 тыс. кВт, способную работать на протяжении всего года по заданному графику и давать дешевую электроэнергию в количестве 1500—1800 млн. кВт в год.

Постройка мощной гидроэлектростанции не только обеспечит полностью быстро растущую потребность в электроэнергии Азербайджанской ССР на предстоящие годы, но и послужит базой для развития новых отраслей промышленности района. Кроме того, давая ток в общую Бакинскую систе-

му, Мингичаурская гидроэлектростанция при общем графике улучшит работу тепловых станций г. Баку и, что самое главное, вытеснит собой конденсационные установки.

Нужно иметь в виду, что тепловые электростанции г. Баку работают преимущественно на мазуте. Сжигание ценного топлива, имеющего большое применение в различных областях народного хозяйства Союза, при возможности получения в пределах этого района дешевой электроэнергии от гидроэлектростанции, является, конечно, нецелесообразным. Следовательно, основной эффект Мингичаурской гидроэлектростанции в части энергетики заключается в том, что она при выработке электроэнергии 1500—1800 млн. кВт будет экономить стране примерно 800 тыс. т условного топлива в год.

Но это далеко не все. Кура-Араксинская низменность Азербайджанской ССР является второй хлопковой базой Союза. Здесь сосредоточено 150 тыс. га хлопковых посевов, из них 50 тыс. га заняты под наиболее ценными нижеегипетскими сортами хлопчатника. Возможности развития хлопководства в пределах Кура-Араксинской низменности огромны.

В пределах Кура-Араксинской низменности при полном осуществлении Мингичаурского гидроузла и его водохранилища может быть дополнительно охвачено орошением до 1 млн. га (последовательно), из числа которых 600 тыс. га может быть отведено под хлопок (в большей части — под наиболее ценные длинноволнистые египетские сорта).

Наряду с этим Мингичаурское сооружение решает еще ряд других существенно важных народнохозяйственных задач.

Ежегодные разливы р. Куры, принимающие в отдельных случаях катастрофический характер, затопляют посевы и селения и наносят тем самым существенный ущерб народному хозяйству и населению Азербайджана.

Ежегодные затраты и потери государства и местного населения на мероприятия по предупреждению наводнений и ликвидации последствий их достигают в среднем 10 млн. руб.

Мингичаурское водохранилище, регулируя паводочные воды Куры, вконец уничтожит угрозу наводнения. С прекращением разливов Куры будет уничтожена и заболоченность огромных пространств в Ширванской и Мильской степях, являющихся очагами злокачественной малярии.

Помимо всего этого Мингичаурское сооружение улучшит судоходные условия на р. Кура. Регулирование стока реки позволит создать

нужные для судоходства глубины на протяжении Евлах-море, благодаря чему вдвое сократится существующий водный путь от Баку до Евлаха.

Территория, подлежащая затоплению, в связи с образованием водохранилища, не представляет сейчас значительного источника государственного дохода. Плотность населения невысока и составляет около 6 чел. на 1 km^2 .

Техническая схема Мингичаурского гидроузла кратко сводится к следующему.

Плотина образует водохранилище, как отмечалось выше, 16 млрд. m^3 брутто. Все сооружения по регулированию водохранилища, деривационные и по катастрофическому сбросу паводка сосредоточиваются в одном узле — бетонной секции, — располагаемом на левом берегу. Бетонная секция представляет собой бетонную плотину, которая делится на две части: водосливную и глухую. В водосливной части располагаются донные трубы, которые регулируют водохранилище и позволяют вести подготовку водохранилища к приему паводка, а также питать р. Куру и мелиоративные системы необходимыми расходами, дополнительными к тем, которые проходят через турбины гидростанции. В случае катастрофического переполнения водохранилища паводочный расход реки сбрасывается в нижний бьеф в основном через водослив.

Глухая часть бетонной секции служит для размещения труб, питающих турбины гидростанции, находящихся в нижнем бьефе за глухой плотинной.

В пределах глухой части бетонной секции размещены 8 отверстий, перекрытых каждая двумя дроссельными затворами диаметром $4,4 \text{ m}$, питающих напорные трубы главного здания.

Мингичаурский гидроузел является одним из крупнейших гидротехнических сооружений в Союзе. Масштаб строительных работ характеризуется следующими данными: земляных выемок и насыпей около $25,0 \text{ млн. m}^3$, бетонных и железобетонных работ — 770 тыс. m^3 , монтажных работ около 15 тыс. t .

Общая стоимость Мингичаурского гидроузла согласно проекту составляет 571 млн. руб. Сумма капиталовложений не является окончательной. При дальнейшем проектировании она должна подвергнуться уточнению.

При указанных капиталовложениях стоимость установленного 1 kW мощности сравнительно невысока и составляет, примерно, 1350 руб. (без линий передач). Себестоимость 1 kWh энергии на шинах станции равна $0,7 \text{ коп.}$, на шинах в г. Баку — $1,3 \text{ коп.}$

По календарному плану производства и организации работ по узлу сооружений общий срок строительства определяется в 5 лет, причем к концу третьего года может быть осуществлена первая очередь.

Подытоживая все сказанное выше, нужно констатировать, что сооружение Мингичаурского гидроузла решает комплексно целый ряд задач большой народнохозяйственной важности.

Основной эффект Мингичаурского гидроузла — энергетически-ирригационный. Народное хозяйство АзССР после окончания строительства гидростанций получит свыше 1500 млн. kWh дешевой электроэнергии. Ежегодно будут сохраняться многие тонны ценнейшего жидкого топлива.

Мингичаурский гидроузел создает реальные предпосылки к коренному изменению экономического облика Азербайджанской ССР.

ОБСУЖДЕНИЮ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

Имея в виду, что мощное развитие электрификации СССР в третьей пятилетке связано с дальнейшим ростом электросетевого хозяйства, редакция продолжает начатое ранее (№№ 7 и 9, 1938, № 1, 1939) опубликование в порядке обсуждения новых материалов, освещающих важнейшие вопросы проектирования электросетей.

Редакция

О руководящих указаниях для проектирования городских электрических сетей трехфазного тока

В. П. ИВАНОВ

Ленинградский индустриальный институт

В 1937 г. группой работников ленинградских организаций по заданию Северо-западного отделения Теплоэлектропроекта был разработан проект руководящих указаний по проектированию городских электрических сетей трехфазного тока¹.

Целесообразность составления этих руководящих указаний (обозначаемых в дальнейшем для краткости — р. у.) вытекает из следующих соображений. У нас существует ряд специализированных проектных организаций, занимающихся проектированием сетей. Наряду с такими организациями отдельные учреждения ведут проектирование электрических сетей, сталкиваясь с задачей проектирования сетей случайно, в порядке удовлетворения текущих нужд. Специализированные проектные организации в своей работе не объединены единой практикой. У них выработана, однако, некоторая система, не всегда достаточно обоснованная, но все же общая для работ данной организации. Проекты электрических сетей, разрабатываемые в единичных случаях отдельными учреждениями и лицами, не содержат обычных элементов, отвечающих какой-то общей методологии, системе и практике.

С этими обстоятельствами приходится часто сталкиваться при утверждении разработанных проектов, причем тут на разнообразную практику решения проектных задач накладываются не менее разнообразные условия, выдвигаемые энергоснабжающей организацией, главками и экспертами. Происходит потеря времени, средств и сил, задерживаются срочные строительства.

Более существенными результатами отсутствия в настоящее время единых основных положений проектирования электрических сетей являются, однако, народнохозяйственные потери, вытекающие из ошибочных технических решений или недооценки отдельных факторов, влияющих на эти решения.

Электрические сети выполняются со значительными затратами цветного металла, работа сетей связана с потерями электрической энергии. Поэтому расчетная ошибка или неправильный выбор исходных величин скажутся весьма неблагоприятным образом, потребовав затраты металла или приведя к потере энергии в больших количествах, чем технически необходимые.

При решении отдельных технических вопросов проектирования сетей в наших условиях возникают, кроме того, положения, которые математическому выражению не поддаются и требуют общих установочных точек зрения. Наконец, электрические сети являются такими сложными устройствами, которые в период проектирования должны предопределять будущее развитие как самих сетей, так и связанных с ними потребителей энергии, с возможно большей свободой для этого развития.

Значение проекта р. у. по проектированию городских сетей и общая его характеристика

Так как электрические сети сооружаются ежегодно во многих пунктах нашего Союза, то устранение отмеченных выше ненормальностей путем разработки руководящих указаний приобретает роль фактора существенного экономического и народнохозяйственного значения.

Сколько нам известно, проект р. у. по проектированию городских сетей трехфазного тока является первым и пока единственным собранием материалов для сетевого проектирования, претендующим на официальное значение в будущем. Такое же, если не большее, право на существование имеют и р. у. по проектированию фабрично-заводских сетей. Однако разработка их представляет, надо полагать, задачу ближайшего времени.

В проекте р. у. нашли отражение положения в достаточной мере обоснованные; непроверенные или неприменяющиеся на практике решения избегались; также избегались указания, которые могли явиться тормозящими развитие дела или закрывающими пути для новых предложений; предпочитались формулировки, которые резюми-

¹ В разработке проекта приняли участие: инж. Айзенберг Б. Л., инж. Викулов Н. Ф., проф. Иванов В. П., доц. Казанов В. В., инж. Карасик М. Н., инж. Конторович А. И., инж. Лурье А. И., инж. Никогосов С. Н., доц. Рождественский В. Т., инж. Шебодаш, инж. Цейтлин Д. Г. Работа велась под руководством проф. В. П. Иванова.

руют имеющийся опыт, а не служат категорической директивой; было признано нецелесообразным загромождать текст формулами и таблицами, носящими справочный или общеизвестный характер; был отвергнут также путь обращения р. у. в сборник рецептурных сведений.

При разработке указаний материалом служили данные опыта и практики крупных проектных организаций и энергосистем Союза, литературные источники и обсуждение отдельных вопросов в комиссиях.

Постановка проекта р. у. на широкое обсуждение

Широкое обсуждение проектного текста р. у. представляется совершенно обязательным, так как оно должно привести к уточнению формулировок и к отражению более широкого опыта, чем находившийся в распоряжении авторов.

Сразу же после окончания работы по составлению текста р. у. удалось получить отзывы и замечания некоторых организаций. Текст был разослан 9 организациям, отзывы и замечания получены от Ленинградского отделения Электропрома, Коммунального энергостроя, Академии коммунального хозяйства, Электросети Ленэнерго и проф. М. Д. Каменского. Они были учтены комиссией. Однако опубликование текста для широкого обсуждения не могло быть обеспечено Главэнерго до настоящего времени. Большой объем р. у. — свыше 8 печ. листов — служил одной из причин, задерживающих печатание текста.

Редакция журнала «Электричество» предоставила место для напечатания материалов, характеризующих р. у. в общей форме, и выдержек из текста р. у., а также и для дискуссионного обсуждения вопросов проектирования электрических сетей. Этим она в значительной мере способствует окончанию формирования материалов, которые могли бы явиться рекомендуемыми для создания однообразной практики составления и рассмотрения проектов городских электрических сетей.

Содержание проекта р. у. и основные его положения

Проект р. у. состоит из пяти разделов, заключающих всего 395 параграфов:

- I. Общие положения (38 параграфов).
- II. Сети низкого напряжения общего пользования (117 параграфов).
- III. Сети наружного освещения (70 параграфов).
- IV. Сети высокого напряжения (86 параграфов).
- V. Городские подстанции (84 параграфа).

Кроме основного текста, имеются «пояснения», относящиеся к 21 параграфу.

Первые четыре раздела представляют достаточно специфическими для того, чтобы сохранить их считать не вызывающим особых сомнений.

Пятый раздел — городские подстанции — в значительной части интерферирует с разрабатываемыми Электропромом «Техническими условиями, на проектирование фабрично-заводских и закрытых трансформаторных подстанций напряжением

пришли к выводу, что р. у. или т. у., относящиеся к трансформаторным подстанциям, могут быть даны без затруднений объединенными для городских и фабрично-заводских установок и могут образовать самостоятельное издание. Конструктивный характер многих указаний, относящихся к подстанциям, дополнительно оправдывает такое выделение вопроса о подстанциях. Здесь отмечается более быстро меняющаяся практика и затруднения в разработке конкретных указаний, сохраняющих силу на длительный срок. Поэтому в данное время обсуждение проектного текста раздела V нецелесообразно.

Раздел I содержит три главы: 1) Основные положения о технико-экономических расчетах; 2) Формы и содержание проектов городской электрической сети. 3) Главные определения элементов городских сетей. Наиболее дискуссионным в материалах первой главы является нижеуказанное.

Указания для выбора расчетного года сформулированы следующим образом.

«§ 1. Всякая городская сеть должна быть спроектирована так, чтобы осуществление ее было возможно частями, по мере роста нагрузки. С этой точки зрения расчетный срок, принимаемый в проекте сети, носит условный характер. Проект должен предусматривать последовательность развития сети в пределах расчетного срока, а в пределах последнего питания вновь возникающих и растущих нагрузок должно быть возможно путем постепенного дальнейшего развития сети без коренной ломки ее».

«§ 2. Экономически обоснованный выбор календарного срока, к которому следует при проектировании электрических сетей относить соответствующие расчеты (расчетный срок), зависит от ряда факторов, как-то: ожидаемой величины ежегодного роста нагрузки, точности имеющихся данных по росту нагрузок, предполагаемой длительности службы сети, обеспеченности строительства средствами и материалами и т. д.».

«§ 3. Точный учет всех факторов, указанных в § 2, иногда противоречающих друг другу, невозможен. Поэтому, в соответствии с общегосударственным планом развития народного хозяйства, при проектировании сетей рекомендуется принимать следующие расчетные сроки:

- а) для перспективных планов — 10 лет;
- б) для проектных заданий и технических проектов сооружения новых сетей и расширения существующих 5 лет, с выделением частей сети, сооружаемых в первые 2—3 года и изложением перспектив развития сети на выходящие 5 лет или до удвоенной расчетной нагрузки первого пятилетия.

- в) для проектов сооружения временных сетей — 2 года.

Среди указаний, касающихся методики технико-экономических расчетов, принципиальный характер, требующий обсуждения, имеют следующие:

«§ 6. Сравнение вариантов, отвечающих по своим техническим качествам настоящим р. у. и современным требованиям, предъявляемым к городским электрическим сетям, производится:

- а) по величине первоначальных затрат;
- б) по величине годовых расходов при эксплуатации;
- в) по техническим качествам;
- г) по расходам цветного металла и по потребностям в основном оборудовании».

«§ 11. При определении расхода цветного металла необходимо учитывать не только проводниковый металл, необходимый для кабелей и проводов высокого и низкого напряжения, но и цветной металл, необходимый для трансформаторных подстанций, а также свинец защиты оболочек кабелей».

«§ 14. Экономические преимущества варианта устанавливаются сравнением первоначальных затрат и годовых расходов. При этом возможны 2 случая:

- а) один из сравниваемых вариантов требует меньших первоначальных затрат, но имеет большие эксплуатационные расходы, а другой — наоборот, требует больших первоначальных затрат, но имеет меньшие эксплуатационные расходы.

Из сравниваемых вариантов вариант А требует больше первоначальных затрат по сравнению с вариантом В на величину M рублей. Годовые же расходы в варианте А больше, чем в варианте В на величину m рублей. В этом случае вариант А должен считаться более экономичным, если меньшие годовые расходы окупят большие первоначальные затраты не более чем в 10 лет, т. е. если

$$\frac{M}{m} < 10.$$

Примечание. Указания настоящего параграфа относятся к случаю, когда первоначальные затраты сравниваемых вариантов производятся примерно в одинаковые сроки».

§ 15. Окончательный выбор варианта производится, как правило, по минимуму годовых эксплуатационных расходов.

На период времени, характеризуемый дефицитом цветного металла, следует давать предпочтение варианту, ведущему к меньшему расходу цветных металлов.

Однако минимум расхода цветных металлов даже на этот период не является сам по себе решающим фактором для признания варианта оптимальным, почему могут в отдельных случаях приниматься варианты с увеличенным расходом цветных металлов. В каждом таком случае необходима оценка эффективности дополнительных затрат цветных металлов по достигаемой при этом экономии первоначальных затрат и по уменьшению потерь энергии.

Дополнительные затраты цветных металлов можно считать оправданными, если

$$\frac{\text{экономия в первоначальных затратах}}{\text{экономия дополнительно затрачиваемого металла}} > k,$$

$$\frac{\text{экономия дополнительного расхода металла}}{\text{экономия дополнительных годовых потерь энергии}} \leq k_1.$$

Примечания: 1. Величина коэффициентов k и k_1 устанавливается Госпланом.

2. Стоимость цветных металлов принимается по преysкуранным ценам.

3. Для сложных систем с наличием гидро, теплофикационных и конденсационных станций стоимость потерь должна приниматься по средневзвешенной себестоимости выработки ее на конденсационных станциях без учета расходов на распределение энергии.

4. Для районов, имеющих весьма высокую себестоимость электроэнергии, выработанной на местном топливе (торф, сланец, бурые угли и т. п.), стоимость энергии должна приниматься равной средней стоимости по системе Главэнерго».

В § 15 величины k и k_1 пока остаются не конкретными. Установление их может быть произведено на основе данных, которыми комиссия не располагала. Впредь до появления в литературе статочных указаний о способе объективного подсчета этих величин, ссылка на государствен-

ный орган, как на инстанцию, задающую коэффициенты, является единственно правильной.

В третьей главе сделана попытка определить основные элементы сетей во избежание различного толкования известных терминов, с чем на практике приходится сталкиваться весьма часто. Большое число определений не дает возможности, к сожалению, привести их текстуально в данном месте.

Во II разделе восемь глав: 1) Определение нагрузок сети. 2) Выбор напряжения, допустимые колебания и потери напряжения и предельные мощности подключаемых электродвигателей. 3) Выбор числа и мощности трансформаторных подстанций. 4) Схемы сети низкого напряжения общего пользования. 5) Условия выбора сечения проводов и проводниковых материалов. 6) Защита сетей низкого напряжения общего пользования. 7) Защитные заземления и зануления. 8) Конструктивное выполнение сетей низкого напряжения общего пользования.

В первой главе существенно выделение четырех групп городов, применительно к которым даются последующие указания, сделанные в § 44 и в § 45.

...«§ 44. Для определения нагрузок все города СССР можно разделить на следующие группы:

I группа — новые города и новые застройки в старых городах;

II группа — районы старой застройки в крупных городах (например, Москва, Ленинград, Киев);

III группа — районы старой застройки в средних городах с достаточно развитой промышленностью (например, Горький, Воронеж);

IV группа — мелкие города со слабо развитой промышленностью (например, Новгород, Моршанск и т. д.), поселки и временные новые застройки из деревянных домов в 1—2 этажа».

...«§ 45. В каждом городе следует выделять характерные и однородные районы в зависимости от преобладающего состава населения и его бытового уклада, например, если в городе III группы имеются пригороды с непромышленным населением, то нагрузку самого города следует определять по нормам для III группы, а нагрузку в пригородах по нормам IV группы».

Просмотра и широкой проверки требуют данные § 48 и 51.

...«§ 48. В районах старой застройки городов II, III и IV группы (см. § 44) производство светотехнических расчетов практически невозможно. Поэтому для этих районов рекомендуется принимать величину совмещенного максимума осветительной и бытовой нагрузки всех потребителей, перечисленных в § 42, на основании удельных величин, приведенных в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Удельная расчетной осветительной и бытовой нагрузки в районах старой застройки существующих городов применительно к 1942 г.

Удельная нагрузка	kW/m длины улицы			W/m ² полезной (оплачиваемой) жилой площади		
	города II группы	города III группы	города IV группы	города II группы	города III группы	города IV группы
Характеристика улицы или кварталов						
более оживленные, густо застроенные многоэтажными домами с большим количеством магазинов и учреждений	0,200—0,600	0,100—0,200	0,050—0,100	15	12	10
менее оживленные со средней оживленностью и с малым количеством учреждений и магазинов	0,100—0,200	0,050—0,100	0,025—0,050	12	10	8
незастроенные с преобладанием двух и одноэтажных домов	0,050	0,025—0,050	0,010—0,025	8	6	6

Таблица 2

Величины расчетной осветительной и бытовой нагрузки в районах старой застройки существующих городов

Характеристика города	Удельная нагрузка кВт/1000 жителей
Города II группы	100
III	80
IV	50

Примечание. Показателем кВт/1000 жителей можно пользоваться только при определении нагрузки для отдельных больших районов города или для всего города в целом.

...§ 51. Приведенный в § 48 способ подсчета нагрузок дает величину нагрузок при расчетном сроке проектирования в 5 лет. При составлении перспективных планов развития сети с расчетным сроком в 10 лет нагрузки должны быть увеличены примерно вдвое. При составлении проектов временных сетей с расчетным сроком менее 5 лет нагрузки первого года принимаются в размере около 50% от указанных в § 48 и дальнейший прирост принимается равномерным до 100% нагрузки через 5 лет.

В главах о напряжениях и числе трансформаторных подстанций основные вопросы сформулированы так:

...§ 59. Сети низкого напряжения в новых городах и населенных пунктах, в новых крупных жилмассивах существующих городов, а также при реконструкции существующих сетей должны проектироваться, как правило, на напряжение 380/220 В.

§ 60. Допускается проектирование сетей низкого напряжения на напряжение 220/127 В лишь в следующих случаях:

а) при реконструкции существующих сетей, если ожидаемый рост нагрузки за расчетный срок не превышает 50% от величины нагрузки работающей сети в момент проектирования;

б) при реконструкции существующей сети в том случае, если ожидаемый прирост нагрузки превышает 50% от имеющейся нагрузки в момент проектирования, но введение напряжения 380/220 В требует крупных затрат на замену приемников и оборудования сети. В этом случае необходимость оставления в сети напряжения 220/127 В должна быть подтверждена специальным технико-экономическим расчетом.

...§ 63. Практически при проектировании сети низкого напряжения общего пользования без использования автоматического регулирования напряжения в сети, можно принимать следующие значения относительных пределов колебания напряжения:

а) для плавных длительных колебаний напряжения — не выше $\pm 5\%$ от номинального напряжения приемников;

б) для резких кратковременных колебаний напряжения:

1) в случае питания от трансформатора только силовых приемников — 10%;

2) в случае питания от трансформаторов, помимо силовых, также и осветительных приемников, при небольшом числе (порядка 5—6) электродвигателей и редких пусках их — 4%;

3) в случае питания от трансформатора силовой и осветительной нагрузки при большом числе электродвигателей или частых пусках их — 2%.

...§ 65. Для расчетов городских сетей низкого напряжения общего пользования на основе существующего опыта проектирования и эксплуатации таких сетей следует принимать за максимальную величину потери напряжения от шин низкого напряжения трансформаторной подстанции до последнего приемника — 5% от номинального напряжения приемников.

деляться в отдельных элементах сети низкого напряжения в соответствии с табл. 3.

Таблица

Распределение допустимой потери напряжения по участкам сети низкого напряжения общего пользования

Название участка сети	Величина потери напряжения в % в зависимости от погонной плотности нагрузки сети		
	более 0,250 кВт/м	от 0,050 до 0,250 кВт/м	менее 0,050 кВт/м
Сеть низкого напряжения от ввода в дом до последнего приемника	2,0	1,5	1,0
Сеть низкого напряжения от трансформаторной подстанции до ввода в дом	3,0	3,5	4,0

В отдельных случаях (например в сетях жилстроительства нового типа) можно отступать от указанного распределения потери напряжения между отдельными участками сети. Однако целесообразность такого отступления должна быть подтверждена соответствующими расчетами.

...§ 70. Выбор числа и мощности сетевых трансформаторных подстанций, определяющий в известной мере конфигурацию сети, является одним из основных вопросов расчета городских сетей, почему он должен решаться экономически, либо по формулам, либо сопоставлением вариантов.

§ 71. При выборе числа и мощности трансформаторных подстанций при проектировании сети необходимо руководствоваться следующими положениями:

а) сортамент используемых в сети единичных мощностей трансформаторов должен быть сведен к возможному минимуму;

б) сортамент применяемых в низковольтной сети силовых проводов или кабелей должен быть сведен к минимуму;

в) сечения кабелей или проводов отдельных магистральных линий, питаемых двумя трансформаторными подстанциями, должны быть по возможности одинаковы. Так же не должно изменяться сечение магистральных линий по возможности большей длине одной улицы; в пределах стороны одного квартала изменение сечений проводов недопустимо;

г) при правильном выборе числа трансформаторных подстанций максимальное сечение проводов магистральных линий воздушной сети обычно не превышает 50 мм² по меди и 70 мм² по алюминию; максимальное сечение магистральных кабелей не должно превышать 150 мм²;

д) при наличии в сети подстанций, предусматривающих для питания индивидуальных потребителей, эти подстанции по возможности должны быть использованы также для питания магистральных линий сети низкого напряжения общего пользования от добавочно устанавливаемых для этой цели трансформаторов;

е) при правильном выборе числа трансформаторных подстанций предельная мощность трансформатора должна превышать 320 кВА; отступления могут иметь место только для центральных частей таких городов, как Москва, Ленинград, Киев, Харьков и др.

Главы о схемах сети и сечении проводов дают основания к выбору схем, предварительно охарактеризованных по их техническим особенностям, и к выбору материала и сечения проводов направленному к экономии цветного металла. Большое количество указаний по этим вопросам, учитывающих имеющийся опыт, не дает возможности поместить их здесь.

Три последних главы данного раздела в систематической форме дают практические сведения или дополняют существующие правила (заземления, «зануления») указаниями, носящими специфический характер.

В разделе III шесть глав: 1) Определение нагрузок и схемы питания. 2) Выбор напряжения и схемы питания приемников наружного освещения. 3) Конфигурация сетей наружного освещения. 4) Распределение нагрузок по фазам и расчет проводов. 5) Управление наружным освещением. 6) Конструктивное выполнение сетей наружного освещения.

В этом разделе при важности отдельных параграфов не представляется возможным выделить имеющие особое принципиальное значение или вызывающие дискуссии.

Раздел о сетях высокого напряжения содержит семь глав: 1) Определение нагрузок сети. 2) Выбор напряжения. 3) Схемы сети высокого напряжения. 4) Методы расчета сети. 5) Защита сети высокого напряжения и подстанций. 6) Ограничение мощности короткого замыкания. 7) Конструктивное выполнение сетей высокого напряжения.

Приведем текст параграфов, нуждающихся по нашему мнению в опубликовании в порядке выноса из всего текста раздела.

«§ 227. Определение максимальной нагрузки на шинах главной подстанции необходимо, а на шинах распределительных подстанций желательно, производить путем построения суммированных суточных графиков нагрузок».

«§ 228. При затруднительности построения суточных графиков нагрузок максимальные нагрузки как всей сети высокого напряжения, так и отдельных ее участков определяются суммированием максимальных нагрузок всех включенных к сети или к данному ее участку подстанций и умножением этой суммы на коэффициент разновременности».

«§ 229. Коэффициент разновременности учитывает несовпадение во времени максимумов нагрузки отдельных подстанций и зависит от соотношения мощностей, характера нагрузки и числа отдельных подстанций».

«Значение коэффициента разновременности, если нет оснований к более точному его выбору, может быть принято:»

а) для случая присоединения к рассматриваемому участку сети высокого напряжения одной подстанции — 1, б) для случая совместного питания нескольких подстанций, имеющих однородные графики, порядка 0,9—0,95, в) для случая совместного питания нескольких подстанций, имеющих разнородные графики, в пределах 0,4—0,9».

«§ 231. Как общее правило, при выборе напряжения городских сетей следует выбирать напряжение 10,5 kV преимущественно перед иными, причем нужно различать случаи:»

а) питание сети высокого напряжения непосредственно от районных напряжением и б) питание сети высокого напряжения от трансформаторных подстанций».

«§ 232. Если вновь сооружаемая сеть может быть присоединена к шинам работающей или вновь сооружаемой электрической станции непосредственно, то сеть должна проектироваться на напряжение генераторов станции (6,3; 10,5 kV), причем во всех тех случаях, когда генераторы новой мощности изготавливаются на напряжение 10,5 kV, генераторов и для сети должно быть принято напряжение 10,5 kV».

«В районе существующей сети сооружается новая сеть, напряжение генераторов которой выше напряжения существующей сети, то вопрос о переводе существующей сети на более высокое напряжение должен решаться технико-экономическим расчетом в соответствии с указаниями § 235».

«1. При питании сети высокого напряжения от трансформаторных подстанций выбор напряжения должен производиться на основании следующих указаний: а) для сетей новых городов и вновь застраиваемых районов существующих городов следует принимать напряжение 10,5 kV; б) для реконструкции существующих сетей выбор напряжения должен производиться на основании технико-

экономических расчетов, в соответствии с указаниями § 235; необходимо при этом учитывать интенсивность предстоящего развития города и окрестностей его, которые могут питаться от городской сети; если последующее развитие сети высокого напряжения при существующем напряжении встречает затруднения или вызывает чрезмерный расход проводникового материала, то вопрос о выборе напряжения может решаться путем сохранения существующего напряжения сети высокого напряжения и введения новой сети 35 kV, предназначенной для питания сети существующего высокого напряжения; одновременно должно предусматриваться сооружение главных подстанций для питания 35-kV сети;»

в) при наличии крупных промышленных потребителей, для которых иногда применение напряжения 6,3 kV более выгодно, чем напряжение 10,5 kV (например при наличии большого количества электродвигателей высокого напряжения), для городской сети рациональнее также выбирать напряжение 6,3 kV, что, однако, должно быть подтверждено технико-экономическим расчетом».

«§ 234. Применение напряжения 3,15 kV допускается лишь в исключительных случаях, при небольшом расширении существующих сетей, имеющих это напряжение, или при питании сетей небольшой протяженности от подстанций, питающих промышленных потребителей при напряжении 3,15 kV».

«...§ 240. Применение фидерной сети высокого напряжения рекомендуется:»

а) при расположении главной подстанции (или станции) на значительном расстоянии от трансформаторных подстанций,

б) при целесообразности уменьшения числа дорогостоящих фидерных ячеек на главной подстанции (или станции) и

в) для сокращения числа трансформаторных подстанций, присоединенных к одной лишь распределительной сети (см. § 248); как правило, фидерные сети являются необходимыми для питания городов и районов города с достаточно большой нагрузкой.

Примечание. В пределах высоковольтной сети одного города допускается устройство фидерной сети для части трансформаторных подстанций, в то время как другая часть трансформаторных подстанций получает непосредственное питание от распределительной сети, присоединенной к шинам главной подстанции (станции)».

«§ 241. Выбор числа и мощности распределительных (фидерных) подстанций для каждого конкретного случая следует производить на основании технико-экономического сравнения вариантов».

«...§ 262. Определение сечений проводов воздушных линий и кабелей высокого напряжения может производиться по условиям:»

- а) нагрева током нагрузки,
- б) нагрева током короткого замыкания,
- в) потери напряжения,
- г) потери энергии».

«§ 263. Основным способом для определения сечений проводов является обычно для подземных линий выбор их по условию нагрева током нагрузки, а для проводов воздушных линий — расчет на потерю напряжения. Определенные по одному из указанных условий сечения проверяются на достаточность по всем прочим перечисленным в § 262 условиям. При выборе сечений проводов следует руководствоваться указаниями нижепомещенных разделов Б, В и Г настоящей главы».

«§ 264. Максимальное сечение проводов, как правило, не должно превышать для воздушной сети 70 мм² и для подземной — 150 мм²».

«§ 265. Выбор сечений проводов по условиям нагрева током нагрузки для кабелей производится согласно ОСТ 6260, а для голых проводов воздушных линий согласно приказу Главэнерго от 20/VIII 1934 г. за № 244. При этом для линий, имеющих значную нагрузку, большую, чем летнюю, следует полностью использовать указания ОСТ и приказа Главэнерго о повышении допустимых нагрузок на кабели и провода при уменьшении температуры окружающей среды».

«...§ 267. При выборе сечения проводов по нагреванию током нагрузки должны учитываться следующие аварийные режимы работы сети: а) для питательной сети, имеющей несколько параллель-

но работающих фидеров,— авария на одном из фидеров при сохранении параллельной работы остальных фидеров;

б) для распределительной сети при петлевой схеме (см. главу III)— авария на одном из головных участков».

...«§ 269. В случае, если сечение провода по условию нагрева рабочим током получается большим, чем указано в § 264, следует прибегать к следующим мероприятиям:

а) в воздушных сетях увеличивать число фидеров;

б) в подземных сетях либо увеличивать число фидеров либо прокладывать два или более кабелей.

Выбор наимыгоднейшего количества фидеров или параллельно прокладываемых кабелей определяется на основании технико-экономических расчетов и условий выбора сечения, указанных в § 265.

Следует проверять целесообразность прокладки вместо одного кабеля крупного сечения двух кабелей меньшего сечения, учитывая, в частности, постепенность роста нагрузок.

Примечание. Замена одного кабеля тремя и более не рекомендуется ввиду конструктивных затруднений при установке разъединителей на каждом кабеле».

...«§ 273. Нагрев проводов током короткого замыкания следует подсчитывать с учетом предварительного нагрева провода током нагрузки, принимаемым по наибольшему расчетному току нагрузки, а не по максимально допустимому для данного сечения провода току, пользуясь следующей приближенной формулой:

$$T = t_0 + (T_m - T_0) \frac{I^2}{I_m^2}, \quad (2)$$

где T — температура нагрева провода от тока нагрузки;

T_m — максимально-допустимая температура нагрева провода при максимально-длительно-допустимом токе;

T_0 — температура окружающей среды, принимаемая согласно ОСТ 6260 или приказа Главэнерго № 244;

t_0 — расчетная температура окружающей среды;

I — наибольший расчетный ток нагрузки;

I_m — максимальный длительно допустимый ток для данного сечения по ОСТ 6260 или приказу Главэнерго № 244*.

...«§ 277. Выбор величины допустимой потери напряжения в сети высокого напряжения должен производиться с учетом соображений, изложенных в главе II-Б раздела II. Опыт

проектирования и эксплуатации сетей показывает, что при напряжении в сети высокого напряжения (с учетом потери напряжения в фидерных реакторах, если таковые имеются) не должна превышать:

при нормальном режиме работы сети в подземных сетях	6%,
в воздушных сетях	8%,
при аварийном режиме работы сети в подземных сетях	10%,
в воздушных сетях	12%,

Соотношения между р. у. по проектированию сетей и существующими правилами и стандартами

Особенностью р. у. по электрическим сетям является комплексный характер нужных для проектирования указаний. Поэтому р. у. в ряде случаев вынуждены обращаться к вопросам, рассматриваемым в действующих различных правилах и стандартах (по релейной защите, по расчету токов короткого замыкания, по выбору аппаратуры и т. п.). Не представилось пока возможным во всех случаях ограничиться ссылкой соответствующие правила или стандарт, а получились конкретные добавочные указания. Тем самым создана некоторая разбросанность указаний по одному и тому же вопросу.

Установление четкой разграниченности между правилами и стандартами, с одной стороны, сетевыми руководящими указаниями, с другой стороны, возможно, не требует переработки указанных материалов. Кроме того, правила и стандарты потребуют более частого пересмотра и своевременного отражения проектной практики. Нам представляется, что удаление из р. у. по проектированию сетей, рекомендаций, относящихся к существующим правилам и стандартам, не является безусловно необходимым (за исключением явных повторений или противоречий).

Современные методы определения потерь энергии в электросетях

В. Т. РОЖДЕСТВЕНСКИЙ

Ленинградский индустриальный институт

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ расчеты сетей среднего и низкого напряжений по потере энергии до сего времени не имеют достаточно ясной и установившейся методики и сколько-нибудь широкого применения на практике. Между тем в связи с развитием сетей, сопровождающим рост электрификации всех отраслей народного хозяйства СССР, проблема экономичности работы сетей становится весьма актуальной.

По статистическим данным из всей потребляемой в СССР электрической энергии около 80% расходуется на нужды промышленности. Поэтому экономические расчеты приобретают особо существенное значение для заводских сетей. К этому следует добавить, что состояние существующих заводских сетей, несмотря на ряд постановлений правительственных органов об уменьшении потерь, до сего времени нельзя признать удовлетворительным.

Синтетические методы определения потерь энергии.

терь энергии в линиях передач высокого напряжения. Те же методы, казалось бы, могут быть применены к расчету сетей низкого и среднего напряжений.

Однако сопоставление между собой предложенных в последнее время способов определения потерь показывает, хотя все они построены по одному принципу, но результаты расчета оказываются неодинаковыми. Поэтому интересно выяснить степень пригодности того или иного метода расчета сетей.

Ряд методов, которые можно объединить под названием синтетические, предложили следующие авторы: Эймер (Eimer), Янсен (Jansen), Джонс и Томпкинс (Jones and Tompkins), Трегер (Trüger), Вольф (Wolf), Буллер и Вудроу (Buller and Woodrow).

Общие принципы, положенные в основу синтетических методов, следующие.

1. См. Рябков, Электрический расчет высоковольтных сетей.

Клиггенберг, как известно, ввел понятия — продолжительность пользования T_m и коэффициент² пользования k_m и потреблял их для выражения количества энергии, вырабатываемой или отпущенной. В выражении для потерь энергии часто используются понятия — продолжительность потерь τ и, соответственно, коэффициент потерь f :

$$\Delta W = \int_0^T \Delta P_c dt = \Delta P_m \tau = \Delta P_m T f,$$

где ΔP_m — потеря мощности в момент максимума; T — календарная продолжительность года (8760 h).

Естественным было стремление установить зависимость между родственными величинами: T_m и τ или между k_m и f . Величины T_m и k_m являются функциями первой степени, а f — квадрата тока, к тому же графики нагрузки могут иметь самые разнообразные формы, не укладывающиеся в некую обобщенную формулу. Это исключает возможность получить в математической форме искомую зависимость для общего случая. Поэтому, в зависимости от тех приемов, к которым прибегает автор для решения задачи, получаются различные в последующей методике определения коэффициентов и потерь. Характерные особенности синтетических методов кратко излагаются ниже.

Эймер [1, 6], как и остальные авторы (кроме Трегера), использует понятие — продолжительность пользования по су. Этот прием дает значительное упрощение в выводах, расходясь с обычной практикой подсчета продолжительности пользования по мощности. Другая особенность метода Эймера заключается в том, что численные значения коэффициентов T_m и τ находятся им непосредственно из принятой условно формы графиков нагрузки и каждый из них является некоторой особой математической закономерности. Таким образом то или иное численное значение T_m и τ связывается с графиком определенного вида, тем самым жестко фиксируется и отношение этих коэффициентов. Выбор же формы графика нагрузки является операцией в значительной степени произвольной. Для одного и того же численного значения T_m можно иметь графики разнообразного вида, и еще каждый раз различные значения τ , — положение, которое наглядно поясняется на дифровом примере проф. Д. Каменским³.

Хотя и имеются указания, что кривая Эймера хорошо согласуется с данными практики существующих станций, такая проверка, произведенная по графикам нагрузки промышленных предприятий, показала, что метод Эймера в многих случаях дает несколько заниженные значения τ . При многообразии графиков нагрузки, наблюдающихся в различных звеньях электрической системы, синтетический подход, подобный изложенному, конечно, не может претендовать на универсальность.

Янсен [7, 8] устанавливает теоретически возможные пределы изменения τ для одного и того же значения T_m в зависимости от формы графика нагрузки.

При максимальном заполнении графика

$$P_m = \text{const},$$

$$\tau = T_m$$

$$f = k_m,$$

при минимальном заполнении

$$\tau = k_m^2 T$$

$$f = k_m^2.$$

Расчеты обычно ориентируются на величину f , равную близкую среднеарифметическому из предельных значений:

$$f = \frac{k_m + k_m^2}{2}.$$

Метод определения потерь энергии по Янсену может быть характеризован несколько большей последовательностью в выводах по сравнению с методом Эймера. Вместе

с У. Клиггенберга носит название „коэффициента нагрузки“. М. Д. Каменский, „Электрические сети“, 1934, стр. 193.

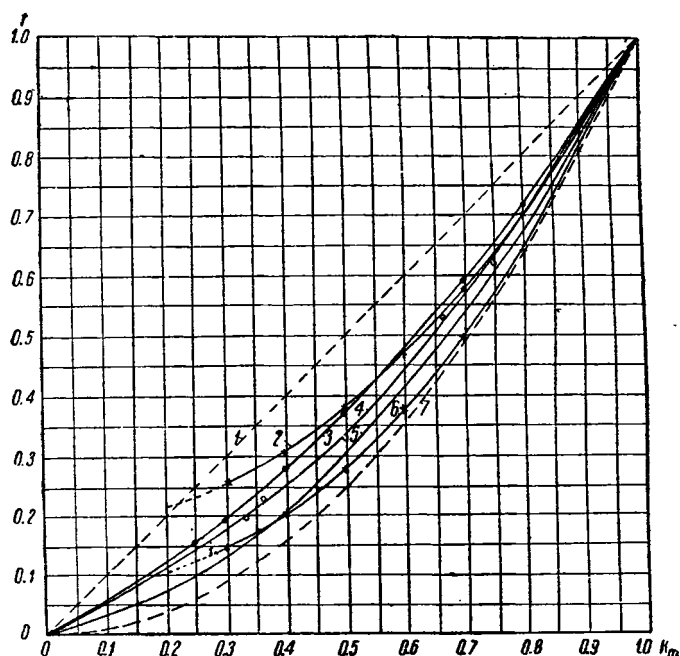


Рис. 1. Зависимость коэффициента потерь энергии f от коэффициента пользования k_m

1 — по Янсену, при максимальном заполнении графика; 2 — по Трегеру, средние значения при $\cos \varphi = 0.8$; 3 — по Янсену, средние значения коэффициента потерь; 4 — по Эймеру; 5 — по Джонсу и Томпкинсу; 6 — по Трегеру средние значения при $\cos \varphi = 1$; 7 — по Янсену при минимальном заполнении графика

с тем этот метод вносит некоторую ясность в вопрос о том, какие отклонения возможно ожидать от полученного среднего значения f .

Пунктирные линии 1 и 7 (рис. 1) указывают верхний и нижний пределы теоретически возможных значений f по Янсену. Если придерживаться в расчетах средних значений коэффициента потерь (кривая 3, рис. 1), то максимальные теоретически возможные погрешности расчета будут:

$$\pm \Delta f = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{2f_{cp}} 100\%.$$

Хотя на практике погрешности в расчетах ниже предельных, все же они могут быть весьма существенны для графиков с невысокими значениями коэффициента пользования, с которыми часто приходится встречаться.

Кривая 3 лежит несколько выше кривой Эймера. Таким образом при расчете по Янсену, очевидно, меньше шансов получить результаты с недооценкой потерь в зависимости от коэффициента пользования.

По данным графиков нагрузки восьми 110-kV линий передачи системы Alabama Power Company Джонс и Томпкинс⁴ путем подсчетов построили кривую зависимости продолжительности потерь от коэффициента пользования. Кривая коэффициента потерь в функции этого же аргумента по Джонсу и Томпкинсу дана на рис. 1.

Авторы безусловно правильно указывают, что предлагаемая ими кривая справедлива лишь для графиков нагрузки определенного вида, в противном случае кривая должна быть прокорректирована.

В отличие от предыдущих авторов Трегер [3, 4, 10] строит свой анализ на годовом коэффициенте пользования по мощности. Тем самым вводится дополнительно переменная величина $\cos \varphi$, и коэффициент потерь будет определяться для заданного T_m не только видом графика нагрузки, но и характером нагрузки, т. е. учитывается изменение $\cos \varphi$ во времени.

В своем математическом анализе Трегер, задаваясь некоторой определенной формой годового графика нагрузки, отвечающей практическим условиям, определяет коэффициент потерь как функцию коэффициента пользования для двух предельных случаев, отображающих возможный характер нагрузки по коэффициенту мощности: f' — для случая, когда отношение реактивной мощности к активной в течение всего

⁴ Называется авторами „коэффициент нагрузки“.

года постоянно и f'' , когда абсолютное значение реактивной мощности постоянно.

В расчетах принимается обычно среднее значение f из двух предельных.

На основании полученных путем математического анализа выражений для f Трегер составил таблицы значений f , f' и f'' для различных $\cos \varphi$ и k_m . На рис. 2 и 3 приводим несколько кривых, построенных по данным таблиц.

Метод Трегера отличается большой обстоятельностью анализа, и он лучше отражает реальные условия пользования энергетическими показателями. Клингенберг в проектировании линий передачи широко пользовался методом Трегера, давая ему высокую оценку [3].

С другой стороны, расчет по Трегеру, благодаря введению в качестве основной исходной величины коэффициента пользования по мощности осложняется тем, что коэффициент потерь необходимо выбирать в довольно большом диапазоне между значениями f' и f'' . Таким образом надежность расчета зависит не только от соответствия принятого Трегером вида графика нагрузки действительному, но и от того, насколько правильно учтено изменение $\cos \varphi$ во времени. Из рис. 2 следует, что чем ниже k_m и $\cos \varphi$, тем больше диапазон между f' и f'' и, стало быть, тем труднее сделать надлежащий выбор искомой величины f . Отмеченные особенности вносят затруднения в пользование методом Трегера,

в частности когда отсутствуют исчерпывающие данные о работе потребителя. Расчет же по среднему значению, как показала проверка, не всегда допустим, так как в некоторых случаях он дает сильно преувеличенный результат (ошибка до 80%).

Все описанные методы по сравнению с только что рассмотренным оказываются более простыми именно потому что они оперируют с коэффициентом пользования не по мощности, а по току. Но обычно в практике сила тока неизвестна. Пользуясь коэффициентом пользования по мощности при расчетах, основанных на коэффициенте пользования по току, мы вносим в расчеты погрешность, определяющую соотношением между обоими коэффициентами. Отождествление этих коэффициентов в пренебрежении колебаниями пружения допустимо, если $\cos \varphi$ поддерживается более или менее постоянным.

Для проверки этого положения нами был рассмотрен точный график одного из цехов машиностроительного завода со следующими данными: нагрузка колебалась от 20 до 230 kW, ток — от 10A до 575 A и $\cos \varphi$ от 0,3 до 0,9. Расчеты путем планиметрирования графика показали, что коэффициент пользования по мощности на 10% меньше коэффициента пользования по току, при этом коэффициент потерь отличался от определенного по Ясену приблизительно на 13,5%.

При достаточно низких значениях коэффициента пользования результаты расчета различными методами, как это видно из рис. 1, могут значительно отличаться друг от друга. Какой метод даст значение f , наиболее приближающееся к истинному, это зависит прежде всего от того, насколько реальные условия потребления энергии совпадают с условиями данного метода. Иногда погрешности, связанные с тем или иным методом, взаимно компенсируются, иногда же складываются. Таким образом в процесс определения коэффициента потерь синтетические методы вносят элемент случайности. Трудно установить, какому из них в каждом отдельном случае следует отдать предпочтение, следует ли сказать, что синтетические методы не дают уверенности в получаемых результатах.

Графический метод определения потерь энергии. Надежным способом определения потерь энергии остается следовательно, тот, по которому потери подсчитывают непосредственно из графиков нагрузки аналитическим способом или графическим. Аналитический метод очень кропотлив и неудобен, поэтому следует отдать предпочтение графическому. Сущность метода (универсальность которого сложных расчетов энергетических установок и для экономических расчетов показал проф. В. П. Иванов) поясняет рис. 4.

В правом верхнем квадранте (I) координатных осей строится график нагрузки по силе тока или же по мощности, выраженной в киловаттамперах, если напряжение подстанции более или менее постоянным. В смежном квадранте строится кривая потерь мощности, как функция нагрузки в произвольном для потерь масштабе. Проводя из любой точки графика нагрузки прямую, параллельную оси абсцисс до пересечения с кривой потерь, находим потерю мощности для данной величины нагрузки; найденные потери мощности каждого из значений нагрузки, перенесенные в квадрант, дают изображение графика потерь мощности. Площадь графика в некотором масштабе дает, следовательно, непосредственно величину потерь энергии за рассматриваемый промежуток времени.

Очевидно, что в этом случае для определения продолжительности потерь τ , или коэффициента потерь f , нет необходимости подсчитывать численное значение ΔP_m .

Точность расчета потерь графическим методом будет определяться точностью в построении графиков нагрузки и кривой потерь.

Проверка методов на конкретных примерах. Предлагает интерес, пользуясь графическим методом как основным, сравнить результаты, получаемые синтетическими методами и дать им более полную оценку. С этой целью нами избраны установки промышленных предприятий, для

⁵ Методы, мало отличающиеся от описанных, предложил Буллер и Вудров (Buller and Woodrow [12]) и Вольф (Wolf). Интересно лишь отметить, что Вольф построил три кривых — суточные, месячные и годовые, и все они оказались совершенно тождественными. Можно заключить, для определения коэффициента потерь построение годового графика необязательно и, по видимому, в ряде случаев можно ограничиться суточным графиком.

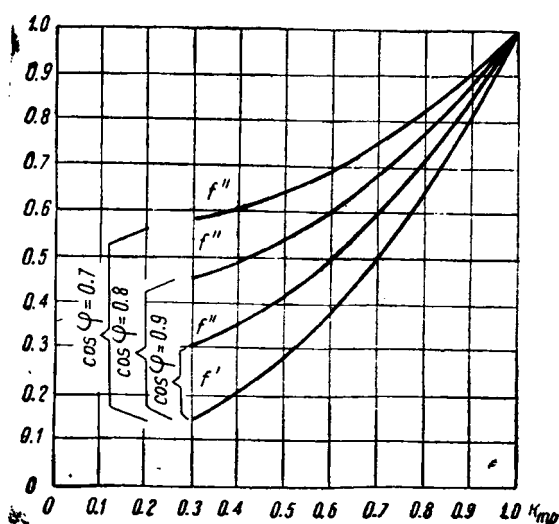
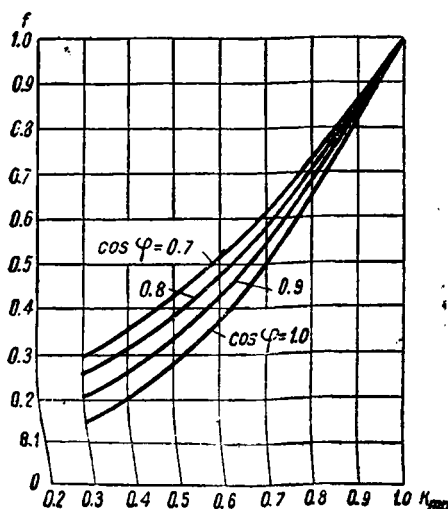


Рис. 2. Коэффициенты потерь по Трегеру: f' — для условия постоянного отношения реактивной мощности к активной и f'' — для условия постоянного значения реактивной мощности



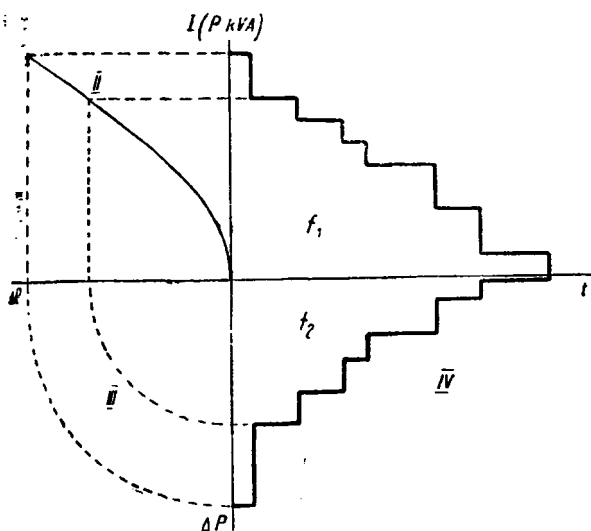


Рис. 4. Графический способ определения потерь энергии

рых вопрос правильного определения потерь весьма актуален. Были рассмотрены 19 графиков нагрузки ряда предприятий, различных по характеру производства, режиму работы и числу смен. Кроме того, исследовался один типовой график для чисто осветительной нагрузки коммунального потребления.

Графики нагрузки взяты либо для всего завода в целом, либо для одного из цехов; энергетические показатели относятся к некоторым условиям, которые выяснятся ниже, следовательно, к различным звеньям сети, что, однако, сколько не влияет на выводы.

После подвергнутой обработке материал нельзя с точки зрения анализа назвать исчерпывающим, однако обработка с некоторыми оговорками, которые выяснятся ниже, позволила при сопоставлении результатов сделать некоторые заключения. Для предприятий со смешанной нагрузкой — южная и осветительная, годовой график строился по двум точкам (зимний и летний день).

Для силовой нагрузки приходилось довольствоваться лишь суточным зимним графиком и его приняли постоянным для всего года; энергетические коэффициенты во всех

случаях определялись, исходя из 300 рабочих дней в году.

Для большинства предприятий нагрузка указывалась в киловаттах, по этим же значениям нагрузки строились и графики потерь с отклонением, следовательно, от истинного; коэффициент пользования для всех методов определялся из графика по мощности. По методу Трегера находились два значения коэффициента потерь: 1) f' для случая $\cos \varphi = \text{const} = 1$ и 2) среднее значение f , при отсутствии данных в этом случае принимался $\cos \varphi_m = 0,8$. Окончательные результаты произведенной таким образом проверки методов определения коэффициента потерь сведены в таблицу, в которой приведены относительные отклонения Δf в процентах от значения f , найденного графическим путем. Знак плюс в таблице обозначает преувеличение.

Сопоставление результатов, приведенных в таблице, позволяет сделать следующие выводы касательно определения коэффициента потерь в условиях промышленных установок, а равно и в случаях чисто осветительных нагрузок.

Подсчеты по Джонсу и Томпкинсу дали наименее удовлетворительные результаты; все значения f оказались преуменьшенными против основных, найденных графическим методом, в пределах от 3 до 43%.

Метод Эймера дал отклонение в пределах $\pm 20\%$ с тенденцией на преуменьшение (в 12 случаях из 20); по Янсону же, наоборот, в большинстве случаев (в 15 случаях из 20) получаем несколько преувеличенные результаты; расхождение с графическим методом от -10 до $+26\%$.

Подсчет по Трегеру дает, повидимому, удовлетворительные результаты лишь в том случае, если правильно оценить колебания $\cos \varphi$; замечание это должно относиться преимущественно к случаям с низким $\cos \varphi$; ошибка тогда может быть очень велика (40% и выше) и обычно в сторону преувеличения; при высоких значениях $\cos \varphi$ метод Трегера дает скорее несколько преуменьшенные результаты.

Число расчетов, мало отклоняющихся по результатам от графического ($\pm 10\%$), следующее: метод Джонса и Томпкинса — 5, Трегера (среднее значение) — 12; Эймера — 12; Янсена — 13.

Таким образом синтетические методы трех последних авторов дают, как будто, хорошее совпадение. Однако практическое их использование для промышленных установок, если и допустимо, то с большой осторожностью.

Для каждого из рассмотренных графиков наиболее близкое к действительному значению f дает какой-либо один из способов подсчета, но ни один способ не может быть пригоден для всякого вида нагрузки. Поэтому необходим надлежащий выбор способа расчета в соответствии с характером потребителя.

Предприятие	Число смен	P_m kW	$\cos \varphi_m$	k_m	Графич. метод		Синтетические методы				
					f	$\frac{f}{k_m}$	Трегер (средн. значен.)	Янсен	Эймер	Джонс, Томпкинс	Трегер $\cos \varphi = 1$
Металлообр.	2	240	—	0,272	0,192	0,707	+26	-10,4	-14	-42,7	-35
Машиностр.	3	900	—	0,274	0,137	0,5	+77,5	+26,2	+21,2	-18,2	-8
Металлообр.	2	3000	0,94	0,356	0,262	0,737	-21,8	+8,4	-15,3	-34,4	-34,4
Машиностр.	3	100	—	0,367	0,229	0,625	+26,6	+9,2	0	-21	-22,7
Эл. машиностр.	3	235	0,9	0,371	0,249	0,67	-3,6	+1,2	-6,8	-25,7	-27,7
Инструмент.	3	4100	1,0	0,373	0,209	0,56	-12,9	+21	+11,5	-10,5	-12,9
Чугунолит.	3	150	0,9	0,388	0,264	0,68	-5,3	+1,5	-7,2	-24,2	-27,2
Ткацк. фабр.	3	310	0,77	0,397	0,229	0,578	+39,7	+20,5	+9,2	-9,2	-12,6
Чугунолит.	2	220	—	0,408	0,311	0,762	+1,3	-7,7	-16,4	-30	-33,5
Машиностр.	2	200	—	0,415	0,322	0,776	-0,62	-9,0	-17,7	-30,5	-34,5
Чугунолит.	3	350	1,0	0,434	0,248	0,572	-9,3	+24,2	+12,2	-3,2	-9,3
Машиностр.	3	500	—	0,452	0,325	0,72	+6,2	+0,61	-9,2	-20,9	-26,8
Обувн. фабр.	3	1510	0,71	0,452	0,295	0,653	+32,2	+10,8	0	-12,9	-19,3
Ткацк. фабр.	2	290	—	0,458	0,372	0,812	-5,9	-9,9	-19,3	-28,8	-33,2
Чугунолит.	3	390	—	0,528	0,390	0,738	+4,4	+3,6	-5,9	-13,6	-22
Зав. пиш. маш.	3	130	—	0,531	0,372	0,7	+9,7	+9,2	-0,54	-8,6	-17,7
Прядильн. фабр.	3	1240	—	0,548	0,385	0,70	+10,4	+10,4	+1,3	-7,3	-15,6
Металлург.	3	880	—	0,574	0,433	0,755	+3,9	+4,6	-3,5	-10,6	-19,2
Коммун. освещ.	3	4800	—	0,667	0,458	0,756	+4,8	+7,0	-0,7	-7,8	-15,9
Коммун. освещ.	—	—	1,0	0,174	0,088	0,5	-4,6	+9,2	+8,6	-20	-4,6

Примечание. Для предприятий по пп. 1, 8, 11, 13 и 20 годовой график определялся по двум суточным; для предприятий по п. 5 коэффициент потерь находился по графику нагрузки в А, по п. 7 — по графику нагрузки в кВт, в остальных случаях — по графику, выраженному в кВт.

На величину энергетических коэффициентов в установках промышленных предприятий большое влияние оказывает число рабочих смен. Предприятие с двухсменной работой и достаточно уплотненным графиком нагрузки может часто иметь более низкий коэффициент пользования, но при этом более высокий коэффициент потерь, чем предприятие с трехсменной работой. Аналогичное сравнение может быть сделано и между двух- и односменными предприятиями. Очевидно, что и выбор метода расчета при указанных условиях будет не безразличен. Из данных таблицы выясняется, например, что для двухсменных предприятий расчеты, сделанные по Эймеру, преуменьшают значение коэффициента потерь (15—20%); большее приближение дают расчеты по Янсону или Трегеру.

Это замечание в еще большей степени, повидимому, может быть отнесено к случаям односменной работы. Более того, следует ожидать, что для односменных предприятий вообще синтетические методы непригодны. Следует иметь в виду, что все рассматриваемые синтетические способы исходят из круглосуточного потребления энергии (линии электропередачи).

Коэффициент мощности также оказывает свое влияние на результаты расчета. Например, для предприятий с трехсменной работой, нагрузка которых характеризуется средним значением $\cos \varphi$ порядка 0,7—0,8, способы Янсена и Эймера во многих случаях дают удовлетворительные результаты. Эти же способы дают преувеличенные результаты, когда

$\cos \varphi$ приближается к единице (или когда нагрузка осветительная, $\cos \varphi = 1$). Тогда предпочтение нужно отдать методу Джонса и Томпкинса или Трегера.

Более полное характеристика рассмотренных методов пригодность их для практических целей в различных условиях может быть установлена на основании непосредственной проверки их на базе данных эксплуатации для достаточно большого количества случаев и для разнообразных видов потребления энергии.

Литература

1. А. Я. Рябков. Электрический расчет высоковольтных линий электропередач. 1934, стр. 26—36.
2. М. Д. Каменский. Электрические сети. 1934, стр. 1.
3. Клингенберг. Сооружение крупных электростанций. т. 1.
4. Р. Ю. Малая. „Электричество“ № 14, 1930.
5. Н. Н. Крачковский. „Электричество“ № 11, 1928.
6. Eimer. Die wirtsch. günst. Spannung f. Fernübertr. I.
7. Jansen. ETZ, 1926, S. 819.
8. Smolinsky. ETZ, 1928, H. 3, S. 81.
9. Johnes and Tompkins. El. World № 20, 1928, V. 92, p. 1.
10. Tröger. ETZ, 1920, H. 46, 47.
11. Wolf. FTZ, 1931, H. 41, S. 1267.
12. Buller and Woodrow. El. World, 1928, V. 92, p. 320.

ИЗ ПРАКТИКИ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА

Уроки одной аварии

Л. И. САПИРО

Завод им. Коминтерна

К ЦЕНТРАЛЬНОМУ пункту одного завода была подведена временная воздушная линия на напряжение 6 kV. Провода линии были подвешены на подвесных 35-kV изоляторах. Ввод в центральный пункт от этой линии выполнен кабелем. Кабель от места отпайки линии спускался по конечной деревянной опоре и вводился в центральный пункт.

В зимний день при большом тумане было замечено, что между кабелем и опорой периодически возникают вспышки. Эти вспышки начинались в верхней части опоры и постепенно распространялись по опоре — по направлению кабеля вниз. Через полчаса вспышки распространились на длину около полутора метров, причем от вспышек загорелось дерево опоры.

В предположении, что от повреждения кабеля его броня оказалась под напряжением, — кабель был снят. При самой тщательной проверке кабель оказался в полной исправности и был снова уложен на свое место. При включении напряжения в линию все работало нормально. Это было к вечеру, погода была сухой, морозной.

Причину вспышек выяснить не удалось, и линия продолжала работать. Прошло пять дней. Работник завода, проходя мимо этой конечной опоры, почувствовал шаговое напряжение. Про-

вания опоры по радиусу 2 m имеется падение напряжения в 200 V, а вдоль опоры, от вершины до земли (высотой в 12 m), по приблизительным подсчетам, падало напряжение около 1000 V. В районной подстанции, откуда происходило питание линии, контроль изоляции в этот день показывал уже наличие частичного заземления. Вскоре развилось и произошло перекрытие через изоляторы на опору.

При проверке меггером поверхностного сопротивления вышедших из строя изоляторов оказалось, что это сопротивление почти равно нулю. Этот факт стал исходным для выяснения причины аварии.

Оказалось, что воздух в районе опоры насыщен хлористыми газами. Хлористый газ, соприкасаясь при влажной погоде с влажной поверхностью изолятора, образует на этой поверхности пленку соляной кислоты. Кроме того, поверхность деревянной опоры была также пропитана этой кислотой. Таким образом замыкание на землю происходило через поверхности изолятора опоры, которые имели благодаря пленке кислоты весьма малое сопротивление.

Стало понятно, что в первом случае разряд происходил не с кабеля на опору, а наоборот, с потенциала опоры разряжался на броню кабеля, которая имела лучшее соединение с зем-

нежели деревянные ноги опоры; эти вспышки начинали развиваться в верхней части опоры потому, что разность потенциалов в этой части опоры по отношению к земле — максимальная. В дальнейшем, когда обратили особое внимание на работу этой временной линии, было точно установлено, что именно хлористые газы являлись причиной происшедшей аварии. Стоило только ветру изменить направление, и газы хлора в виде белого дыма направлялись на другие опоры.

На этих опорах, особенно при сырой погоде и тумане, немедленно начинали образовываться «икобообразные» вспышки на изоляторах.

В сырую погоду хлористый газ, выделяясь в виде белого дыма, окутывает все здания и строения. Поэтому, несмотря на то, что линия была вешена на 35-kV изоляторы вместо 6-kV, все оседающие соединения хлора с водой сделаны проводящими и их большую рабочую поверхность и таким образом «свели на-нет» изоляцию линии.

Необходимо попутно отметить, что примерно в таком же расстоянии от источника газа в течение 4 лет работала безаварийно воздушная 4-kV линия с обыкновенными штыревыми изоляторами на 6 kV.

Причина безаварийной работы 6-kV изоляторов и аварийности изоляторов на 35 kV при одном и том же рабочем напряжении линии является, очевидно, в форме исполнения изоляторов.

Штыревые 6-kV изоляторы имеют глубокие расстояния между юбками, проводящие осадки дождя не покрывают всю рабочую поверхность изоляторов, и линия меньше подвержена авариям.

Изоляторы на 35 kV — тарелочного типа, и поэтому вся рабочая поверхность покрывается проводящими осадками.

По нашему мнению урок описанной аварии таков.

При проектировании и сооружении электрических установок для промышленности необходимо обращать особое внимание на то, какие газы могут проникать к установкам. Это относится не только к воздушным линиям высокого напряжения, которые в таких случаях должны быть заменены кабельными магистралями, но и также к станциям, подстанциям и другим высоковольтным установкам. Генератор или электродвигатель высокого напряжения, установленные в такой среде, засасывают при работе газы, которые разрушают бумажную изоляцию обмоток, что ведет к авариям.

Хлористый газ, например, проникая в помещения распределительных устройств высокого напряжения, образует проводящие осадки на изоляторах, которые начинают коронировать, а все голые токопроводящие элементы распределительных устройств (шины, контакты коммутации, защиты и сигнализации) покрываются зеленым налетом, — однохлористой медью, что нарушает нормальную работу установки.

Если все же является необходимость в установке электрооборудования высокого напряжения там, где атмосфера сильно насыщена газами, могущими создать проводимость или вредно отразиться на хлопчатобумажной ткани изоляции машин и аппаратуры, — необходимо помещение, где находится электрооборудование, герметически закрыть, а вентиляцию помещения производить через специальные фильтры.

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

Влияние формы импульсной волны на разрядное напряжение изоляции

А. А. АКОПЯН

ВЭИ

Обычно координация изоляции электрических установок высокого напряжения с защитной аппаратурой производится по вольтсекундным характеристикам для стандартной волны ($\pm 1,5/40 \mu\text{sec}$). Между тем такая координация не дает полной защиты в смысле защищенности изоляции, так как в электрических системах могут появляться волны самой разнообразной формы¹, существенно отличающиеся от стандартной.

Из многочисленных искаженных волн больше

Волны по своей форме, отличающиеся от стандартной, в дальнейшем называются искаженными.

Других заслуживают внимания колебательные волны, которые могут возникать на тупиковой подстанции при срезе защитным промежутком падающей на нее апериодической волны, а также волны, возникающие при прямом ударе молнии в опору линии электропередачи, защищенной тросом. В последнем случае, если падающая волна апериодическая, то возникающая волна хотя также в основном имеет апериодический характер, но по форме значительно отличается от падающей.

Представляет большой практический интерес знание поведения изоляции при воздействии на нее искаженных волн. Особенно важное значение

приобретает вопрос правильной оценки воздействия искаженных волн на изоляцию сверхвысоковольтных установок, например, для подстанций Куйбышевского гидроузла и линий электропередач Куйбышев — Москва, строительство которых будет выполняться в третьей пятилетке. Эта система в целом с напряжением порядка 400 kV должна быть абсолютно грозоупорна, как в отношении защищенности от прямых ударов молнии, так и в смысле исключения возможности обратных перекрытий с защитных тросов на провода линии. Рациональное решение этой задачи возможно при знании, наряду с другими характеристиками, также и импульсной прочности изоляции при искаженных волнах. Насколько нам известно, до сих пор не существует более или менее удовлетворительного решения этого вопроса.

Действительно, опубликованные до сих пор в литературе материалы [1, 2, 3] и эмпирические формулы касаются лишь волн определенной формы, и не могут быть использованы для установления связи между разрядным напряжением и формой волны, так как коэффициенты в этих формулах зависят также от формы. Кроме того, существующие формулы, приспособленные для расчетов лишь только при стандартной волне, как показала проверка, дают ошибки в пределах до $\pm 20\%$ при экстраполяции.

Здесь впервые даются уравнения вольтсекундных характеристик с коэффициентами, не зависящими от формы волны, и рассматривается действие искаженных апериодических волн на изоляцию. В качестве основного объекта исследования² был взят стержневой промежуток длиной в 10 см с электродами квадратного сечения ($1,2 \times 1,2$ см).

Аналитическая связь между разрядным напряжением и формой волны. Как известно, основное уравнение Пика [1] в общей форме будет:

$$W = \int_0^t k(u - u_0)^3 dt = \text{const},$$

где W — энергия, необходимая для завершения разряда, t — время разряда, u — импульсное разрядное напряжение.

Анализ вольтсекундных характеристик различных типов изоляции показывает, что более правильно предположить, что необходимая энергия для завершения разряда при данном типе изоляции есть функция не $(u - u_0)^3$, а выражения $(u - u_0)^n$. Здесь u_0 — значение разрядного напряжения при длительном воздействии, а показатель степени n определяется из эксперимента, и его величина сохраняется при любых формах апериодической волны. Таким образом

$$W = \int_0^t k(u - u_0)^n dt = \text{const}. \quad (1)$$

Такое предположение вполне допустимо и по нашему мнению более обосновано, чем прежние условия, положенные в основу другими исследо-

² Работа выполнена в лаборатории высокого напряжения МЭИ. Эксперименты в части осциллографирования произведены инж. А. В. Алмазовым.

вателями. В самом деле, вовсе не обязательно чтобы для различных типов изоляции с разными степенями неравномерности электрического поля всегда энергия, подготавливающая разряд, была бы обусловлена именно квадратом разности напряжения, как это допускает, например, П. Наоборот, надо думать, что этот показатель степени зависит от формы поля.

Для разрядов на фронте волны с постоянной крутизной (участок OB , рис. 1) уравнение дает:

$$t = \frac{Au}{(u - u_0)^{n+1}}.$$

где $A = \frac{W}{k} (n+1)$.

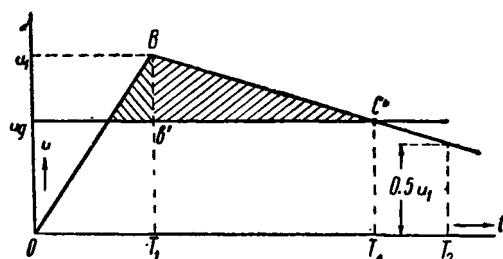


Рис. 1. Упрощенные формы искаженной волны

При разрядах на хвосте волны (участок BC рис. 1) с равномерным нарастанием напряжения на фронте и с равномерным спадом

$$A = \frac{(u - u_0)^{n+1}}{u} (2T_2 - T_1) - \frac{2(T_2 - T_1)}{u} \left[u \frac{2T_2 - T_1 - t}{2(T_2 - T_1)} - u_0 \right]^{n+1},$$

где T_1 — длина фронта, T_2 — длина волны. Будет видно ниже, полученные уравнения в статочной степени удовлетворяют волне стандартной формы.

Для искаженных же волн, аналогичных тем, что возникают при ударе молнии в верхние опоры, для которых характерен быстрый спад напряжения, вывод формул можно сделать, зная отдельные участки волн прямыми линиями, как это показано на рис. 2, а. Для времени разряда $t < T_1$ остается в силе формула (2), а для времени разряда в пределах от T_1 до T_2 действительна формула (3), а для времени же $t > T_2$ общее уравнение будет иметь вид:

$$W = \int_0^{T_1} k(u - u_0)^n dt + \int_{T_1}^{T_2} k(u - u_0)^n dt + k(u_2 - u_0)^n (t - T_2).$$

Решение этого уравнения будет:

$$t = T_2 + \frac{A - T_1 \frac{(u_1 - u_0)^{n+1}}{u_1} - \frac{T_2 - T_1}{u_1(1-b)} [(u_1 - u_0)^{n+1} - (bu_1 - u_0)^{n+1}]}{(n+1)(bu_1 - u_0)^n} - \frac{(bu_1 - u_0)^{n+1}}{(n+1)(bu_1 - u_0)^n},$$

где $b = \frac{u_2}{u_1}$.

При очень быстром спаде напряжения, спадом BC можно пренебречь, ведя расчет

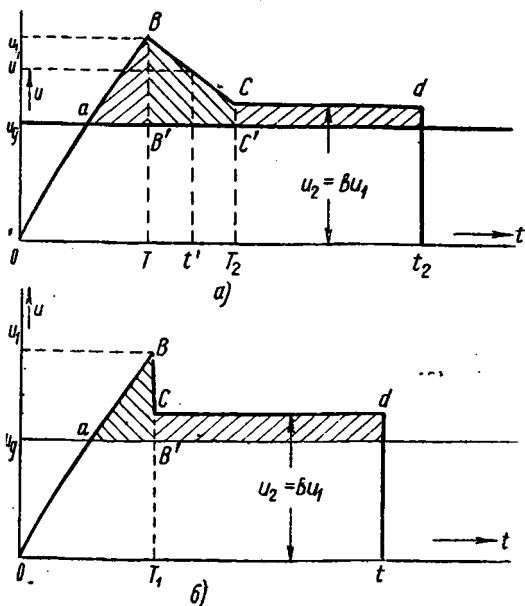


Рис. 2. Упрощенная форма стандартной волны

ние, представленной на рис. 2, б. В этом случае

$$W = \int_0^{T_1} k(u - u_d)^n dt + k(u_2 - u_d)^n (t - T_1),$$

решение этого уравнения дает:

$$t = T_1 + \frac{A - T_1 \frac{(u_1 - u_d)^{n+1}}{u_1}}{(n+1)(bu_1 - u_d)^n}. \quad (6)$$

Экспериментальная проверка полученных формул. Как уже было указано, в качестве основного объекта исследования был взят воздушный промежуток $S=10$ см. Искаженная волна получалась путем среза на промежутке „шар-стержень“, приключенном между землею и отдельными секциями генератора импульсов. Число конденсаторов этим искровым промежутком последовательных конденсаторов генератора импульсов обуславливалось нужной величиной коэффициента остающегося напряжения $b = \frac{u_2}{u_1}$.

Значения коэффициентов A и $(n+1)$, вычислен-

Таблица значений A и $n+1$ для различных воздушных промежутков при аperiодической волне

Электроды воздушного промежутка	Длина промежутка см	Полярность волны	Разрядное напряжение при длительном воздействии кВ	Значения коэффициентов		По каким вольтсекундным характеристикам произведено вычисление
				A	$n+1$	
диаметром 200 см	64	Отрицат.	1 230	0,6	1,375	Bellaschi a. Teague, El. Journ. март 1935, стр. 120—123
	8	„	180	0,247	1,162	
диаметром 25 см	2	Положит.	52	0,85	1,72	Hagenguth, El. Eng. № 1, 1937, стр. 67—76
	1	„	23	0,71	1,6	
ратные стержни сечением 2,54×2,54 см	76	„	400	570	2	Изоляторная лаборатория ВЭИ. По данным Алмазова
	51	„	280	171	1,89	
	25,4	„	170	44,3	1,83	
ратные стержни сечением 1,2×1,2 см	10	„	76	36,8	2,1	
	10	Отрицат.	78	28,1	1,91	

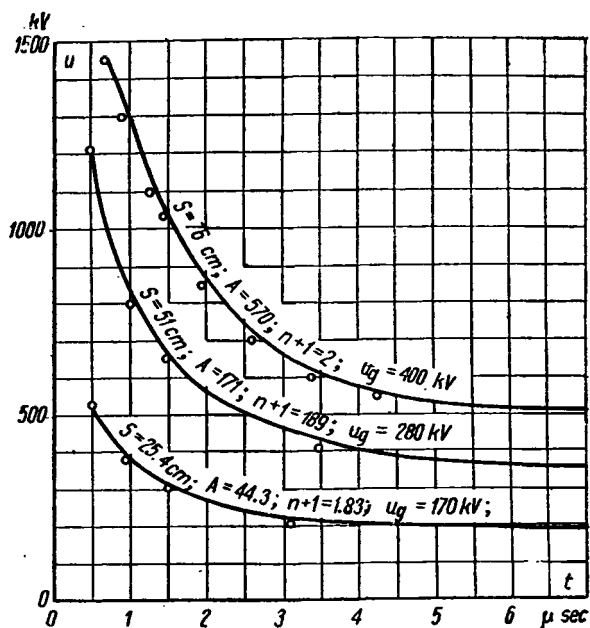


Рис. 3. Проверка формул (2) и (3) по вольтсекундным характеристикам стержневых промежутков по данным Hagenguth при волне $+1,5/40 \mu \text{ sec}$ [по формуле (2) точки вычислены для времени до $1,5 \mu \text{ sec}$, по формуле (3) для времени свыше $1,5 \mu \text{ sec}$]

ные по двум точкам вольтсекундных характеристик, при стандартной волне для времени разряда на фронте [по формуле (2)] приведены в таблице.

Для шаровых промежутков вычисление произведено по точкам $t_1=0,2$ и $t_2=1,5 \mu \text{ sec}$, а для стержневых промежутков — по точкам $t_1=1$ и $t_2=1,5 \mu \text{ sec}$.

Подсчет, произведенный для любых времен разряда на фронте волн по формуле (2) и на хвосте волн по формуле (3) как для шаровых, так и для стержневых промежутков, дал весьма хорошее совпадение с экспериментальными кривыми (расхождение составляло не более $\pm 3\%$). Сказанное иллюстрируется, например, рис. 3 и 4. Кривые рис. 3 представляют вольтсекундные характеристики, полученные из эксперимента [5], а точки соответствуют данным, вычисления по формуле (2) для времен разряда до $1,5 \mu \text{ sec}$ (разряды на фронте волн) и по формуле (3) для вре-

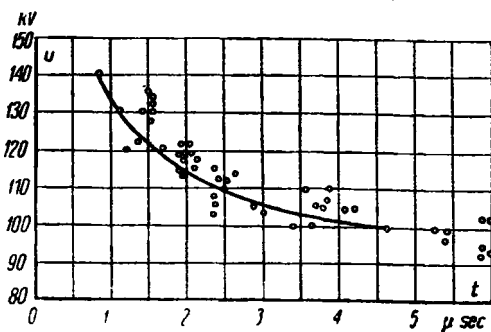


Рис. 4. Вольтсекундная характеристика стержневого промежутка в 10 см при волне $+8/40 \mu\text{sec}$, подсчитанная по формулам (2) и (3) (точки — результат эксперимента. $p = 734,4 \text{ mm}$; влажность $6,27 \text{ g/m}^3$)

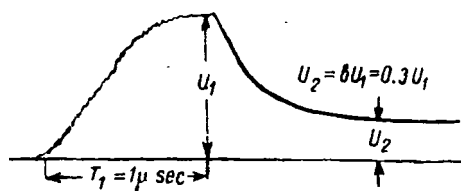


Рис. 5. Осциллограмма искаженной волны

мен разряда свыше $1,5 \mu\text{sec}$ (разряды на хвосте волны). Как видно, совпадение весьма хорошее.

Формулы (2) и (3) проверялись также для волн с более длинным фронтом. Подтвердилась полная пригодность их и в этом случае и независимость значений A и $n+1$ от параметров волны. Например, эти значения, вычисленные по двум точкам вольтсекундной характеристики для стержневого промежутка в 10 см (см. таблицу) при волне $1,5/40 \mu\text{sec}$, дали весьма хорошие результаты для вольтсекундной характеристики при волне $+8/40 \mu\text{sec}$ (рис. 4). На рис. 4 точки представляют результаты отдельных осциллограмм, а кривая соответствует вычислениям по формулам (2) и (3).

Как видно, кривая представляет средние значения эксперимента. Точно такой же результат был получен и для отрицательной волны $-8/40 \mu\text{sec}$. Теперь, обращаясь к таблице, интересно отметить, что чем равномернее поле, тем меньше показатель степени $n+1$. Например, для шаровых промежутков значения $n+1$ меньше, чем для стержневых. С другой стороны, при одних и тех же электродах значение $n+1$ падает с уменьшением длины промежутка.

Таким образом показатель степени n или $n+1$ характеризует степень неравномерности электрического поля.

Искаженные волны, при которых исследовались характеристики промежутка $S=10 \text{ cm}$, имели длину фронта $T_1=1 \mu\text{sec}$. Исследование производилось при различных значениях отношения $b = \frac{u_2}{u_1}$. В качестве иллюстрации на рис. 5 приведена осциллограмма одной из искаженных волн при $b=0,3$.

При этих волнах, как показывает проверка, упрощенная формула (6) дает уже достаточно удовлетворительные результаты для обеих полярностей.

Поэтому все основные подсчеты нами проводились по формуле (6). Некоторые результаты подсчетов приведены в виде кривых на рис. 7 и 8 для положительной полярности волны и рис. 8 для отрицательной полярности. Точки этих рисунков получены из эксперимента. Значения коэффициентов $n+1$ и A взяты те же, которые были ранее определены по формуле (2) разряда на фронте стандартной волны.

Из рассмотрения данных, приведенных на рис. 7 и 8, видно, что наибольшее время разряда равно $3 \div 4 \mu\text{sec}$.

При дальнейшем снижении амплитуды волн разряды на исследуемом промежутке прекращаются. Эта наименьшая величина остающегося напряжения u_2 , при котором еще возможен разряд на исследуемом промежутке, при положительной полярности волны равна 80 kV для $b=0,67 \div 0,7$ а при отрицательной полярности $-u_2=80$ для $b=0,7$.

Эти предельные, минимальные, величины остающегося напряжения u_2 несколько все же превышают величину разрядного напряжения при длительном воздействии.

Были проведены эксперименты также при искаженной волне. В данном случае длина фронта отдельных волн колебалась в пределах $0,96 \div 1 \mu\text{sec}$. При волне с крутым спадом, когда остающиеся напряжения u_2 меньше разрядного напряжения при длительном воздействии, особенно интересно выяснить, возможен ли разряд

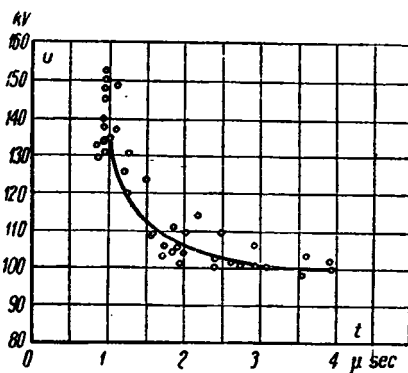


Рис. 6. Вольтсекундная характеристика стержневого промежутка 10 см при искаженной волне положительной полярности, $b=0,8$ и $T=1 \mu\text{sec}$ (кривая вычислена по формуле (6), точки — эксперимент. $p=739,8 \text{ mm}$; влажность $-7,48 \text{ g/m}^3$)

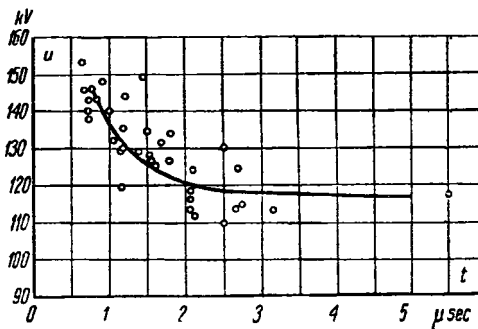


Рис. 7. Вольтсекундная характеристика стержневого промежутка 10 см при положительной искаженной волне, $T_1=1 \mu\text{sec}$ (кривая вычислена по формуле (6), точки — эксперимент. $p=734,3 \text{ mm}$; влажность $-7,23 \text{ g/m}^3$)

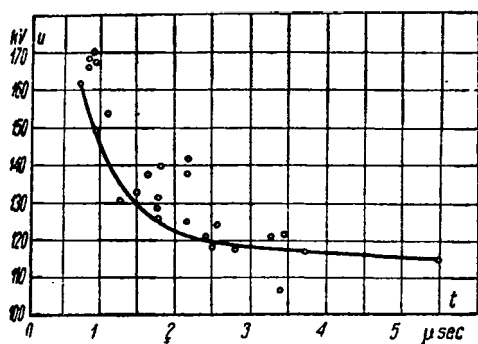


Рис. 8. Вольтсекундная характеристика стержневого промежутка 10 см при отрицательной искаженной волне, $b = 0,7$, $T_1 = 1 \mu\text{sec}$ [кривая вычислена по формуле (6), точки — эксперимент. $p = 734,3 \text{ mm}$; влажность — $7,23 \text{ g/m}^3$]

на спадающей части волны и при мгновенных значениях (в момент разряда), меньших, чем разрядное напряжение при длительном воздействии. Для этой цели при испытании амплитуда волны выбиралась таким образом, чтобы разряды происходили вблизи вершины волны. Далее амплитуда волны несколько снижалась, и повторными приложениями импульса получали разряд на спадающей части волны. При дальнейшем снижении амплитуды волны разряды на испытуемом стержневом промежутке прекратились. Наибольшее время разряда для положительной волны, которое удалось получить в двух случаях, было равно $1,2 \mu\text{sec}$ при длине фронта волны $T_1 = 1 \mu\text{sec}$. Мгновенное значение напряжения волны в момент среза ($u_i = 91 \text{ kV}$) все же оказалось больше разрядного напряжения при длительном воздействии ($u_d = 76 \text{ kV}$), хотя время разряда было наибольшее. В данном случае для подготовки разряда использовалась почти вся энергия, обуслов-

ленная превышением напряжения волны над разрядным напряжением при длительном воздействии.

При отрицательной же полярности искаженной волны с остающимся напряжением, равным 30% амплитуды, разряды на спадающей части кривой не наблюдались.

В этом случае срез происходил на вершине. По данным эксперимента при $b = 0,3$ среднее значение импульсного разрядного напряжения при $t = 1 \mu\text{sec}$ можно оценить в $+u = 143 \text{ kV}$ и $-u = 155 \text{ kV}$.

Сравнение этих данных с вольтсекундными характеристиками при стандартной волне показывает, что характеристики дают несколько меньшее значение импульсных разрядных напряжений при одном и том же времени разряда. Разница составляет около 6–7%. Повидимому, эта разница обусловлена тем, что при искаженной волне разряд происходит на вершине, т. е. перед крутым спадом напряжения волны, в то время как для стандартной волны при времени в одну микросекунду разряд происходит пока еще на фронте волны.

Положения, высказанные относительно влияния формы волны на импульсные характеристики изоляции, базируются, главным образом, на исследованиях стержневого промежутка. Для обобщения их необходимо произвести проверочные исследования на других типах изоляции.

Литература

1. Peek, Trans AIEE 1930, т. 49, № 4.
2. Corrad, The Electrician, 1936, март, стр. 373–376.
3. Горев и Машкиллейсон, Электричество 1935, № 13 и Электрические станции 1936, № 11.
4. Bellaschi a Teague, El. Jourп. март 1935, стр. 120–123.
5. Hagenguth, El. Ind. № 1, 1937, стр. 67–76.

Гашение дуги при наличии импульсного дутья

А. Я. БУЙЛОВ
ВЭИ

ОПЫТНЫЕ данные, ранее полученные нами [1], с несомненностью указывают, что при гашении дуги маслом без применения мощных деионизирующих устройств на процессы роста напряжения и диэлектрической прочности дугового промежутка очень сильно влияет проводимость промежутка за время нестационарного течения.

Из того было замечено, что за время нестационарного процесса напряжения на промежутке наблюдается последовательных разрядов емкости цепи на промежуток.

Из наших исследований в этом направлении велось при испытании небольших напряжений и токах, порядка 100 А. Поэтому утверждать, что подобная же картина будет наблюдаться при «организованном» гашении или при больших отключаемых мощностях, нельзя. Как время нет достаточных оснований утверждать и другое.

В связи с дальнейшим развитием выключателестроения скорости восстановления напряжения на выключателях, методов его учета и определения влияния различных факторов на гашение дуги приобретают все большее значение.

Действительно, несмотря на довольно быстрое развитие строительства лабораторий разрывных мощностей за границей и начатое строительство таких лабораторий в СССР, мы должны констатировать, что мощность существующих лабораторий достигает едва 50% мощности современных выключателей. Между тем чем мощнее система, чем мощнее выключатели, тем больше убыток, связанный с его ненадежной работой. В то же время строительство лабораторий на мощность ж. з. порядка 4000 MVA (выключатели такой мощности уже теперь иногда необходимы) связано с большими затратами и требует большого времени. Поэтому данные для теоретического определения работоспособности выключателя или хотя бы для достаточно обоснованной экстраполяции результатов испытаний выключателей приобретают важное значение.

Настоящая статья посвящена описанию работы ВЭИ (1937 г.) над процессами гашения дуги переменного тока.

Насегодня импульсные выключатели, несомненно, являются одним из наиболее совершенных. Вместе с тем в

них меньше всего, казалось бы, должно сказываться сопротивление дугового промежутка на рост напряжения на выключателе, так как быстрота деионизации у этого типа выключателей должна быть достаточно высока.

Потому, учитывая важность данного типа выключателя вообще и условия его работы, наши эксперименты велись именно при наличии в дугогасящем устройстве импульсного дутья.

Искусственная схема, применявшаяся при опытах. Попытки исследовать явления гашения дуги в условиях искусственных схем предпринимались неоднократно. Однако в настоящее время можно указать только одну такую схему, которая заслуживает внимания. Это — схема (рис. 1), применявшаяся фирмой ГЕС для испытания импульсного выключателя на 287,5 kV.

Принцип работы схемы следующий: в момент прохода тока через нуль в половинках выключателя 4 и 5 дуга гаснет, и на зажимах трансформатора 2 начинается процесс восстановления напряжения. Одновременно такой же процесс роста напряжения, но до более высокого значения, происходит и на клеммах автотрансформатора а и б. Спустя некоторый промежуток времени, зависящий от скорости роста напряжения на зажимах а и б и пробивной прочности шарового промежутка 6, промежуток пробивается, и на половину выключателя 5 ложится все напряжение автотрансформатора.

Таким образом половина выключателя 5 подвергается действию напряжения большего, чем это может дать трансформатор 2. Это напряжение не может снова зажечь дугу во всем выключателе, но данная схема позволяет ответить на вопрос, может ли напряжение, полученное на автотрансформаторе, пробить половину выключателя 5 после прохода в ней тока через нуль.

Описанная схема обладает, однако, некоторыми недостатками. Главный среди них следующий.

Между моментом прохода тока через нуль и началом соединения середины выключателя с зажимом б проходит некоторое время, необходимое для роста напряжения на шаровом промежутке до пробоя его.

За это время дуговой промежуток успевает в какой-то степени деионизироваться, и диэлектрическая прочность может значительно возрасти, прежде чем будет иметь место воздействие напряжения автотрансформатора. По-

этому данная схема ГЕС заведомо дает оптимистическую оценку выключателя. По литературным данным [2] время запаздывания в этой схеме иногда достигает 100 мкс, что вообще может быть достаточно для деионизации дугового промежутка.

Автором при нижеописанных исследованиях была разработана схема, показанная на рис. 2, в которой устранены эти недостатки.

Механизм гашения дуги, применявшийся при опытах представлен на рис. 3.

Дугогасящее устройство оформлено в виде бакелитовой трубки 4 внутреннего диаметра 30 мм, в которую введены неподвижные медные контакты 11 и 12 и внутри которой могут перемещаться контакты 5 и 6, соединенные поперечной 9. Перемещение контактов происходит за счет энергии, запасенной в пружине 19. Масляное дутье осуществляется поршнем 7 по трубе 8, причем поршень двигается при помощи пружины 1, которая предварительно заводится от руки (при включении). Прибор в закрытом положении удерживается собачкой 16, которая своей очередь не может освободить пружину 19, пока замыкающая катушка 3 не откинет собачку 13. А тем самым не освободит рычаг 2 и пружину 1. Таким образом прежде чем появится дуга в нашем приборе, поршень придет в движение, и в месте расхождения контактов уже будем иметь перепад давления, создаваемого пружиной 1. Трубка 4 помещается в бакелитовом цилиндре и погружена в масло на глубину около 100 мм.

Таким образом это устройство весьма схоже с механизмом гашения дуги импульсного выключателя.

Опыты велись при отсутствии в трубке каких-либо дополнительных устройств и при трубке, закрытой с обоих концов бакелитовыми дисками с прорезями высотой 6 мм шириной 30 мм.

В правой нижней части рис. 3 показан торцевой вид трубки при установленных в ней дисках и без них.

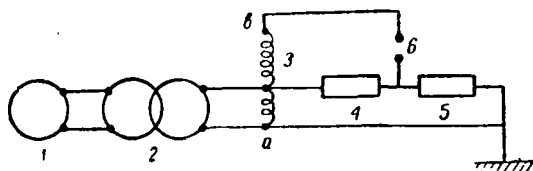


Рис. 1.

1 — генератор; 2 — трансформатор; 3 — автотрансформатор; 4 и 5 — две половины выключателя на 287 kV, имеющие каждая по четыре разрыва; 6 — шаровой разрядник

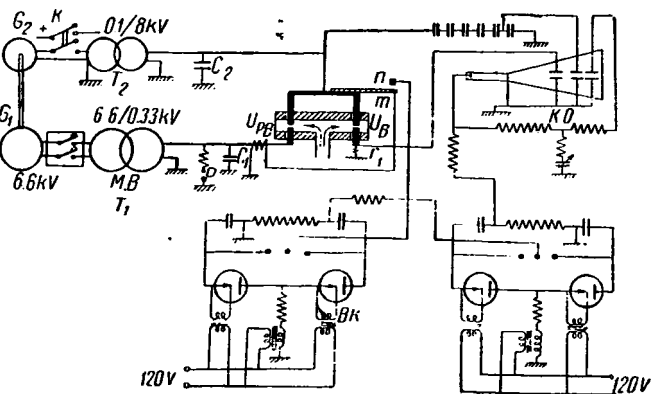


Рис. 2.

G_1 — 6,6-kV генератор мощностью 1300 kV; G_2 — 100-V генератор мощностью 50 kV; T_1 — понижающий трансформатор 6,6/0,33 kV; T_2 — измерительный трансформатор, употребляемый в качестве повысительного, с коэффициентом трансформации 0,1/8 kV; KO — 2-лучевой катодный осциллограф; BK — вспомогательный контур; C_1 , C_2 — конденсаторы; P — разрядник для защиты трансформатора; MB — масляник-выключатель с дистанционным управлением; K — рубильник; III — испытательный электрод

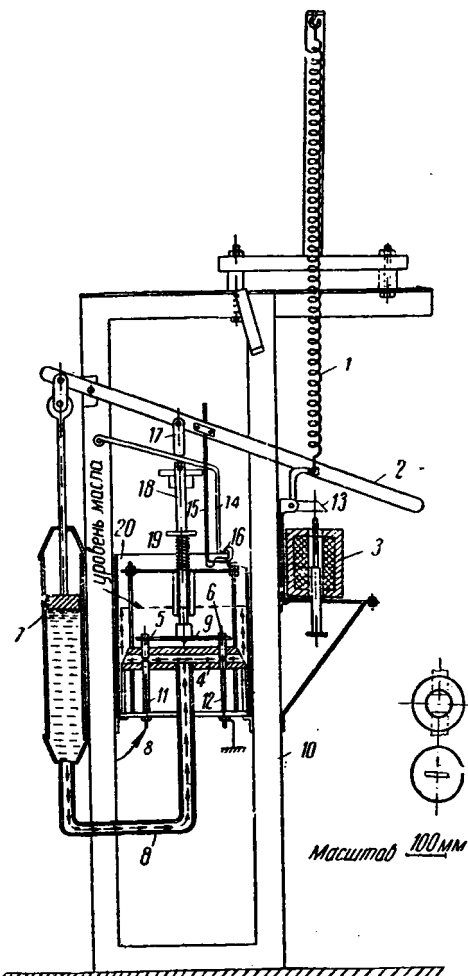


Рис. 3. Устройство для исследования влияния скорости масла на дугу

Трансформатор T_1 (рис. 2) при закороченном испытуемом промежутке дает токи в несколько тысяч ампер при напряжении около 300 В.

Предварительные исследования схемы рис. 2 с помощью осциллографа показали, что дуга в испытуемом промежутке гаснет при первом проходе тока через нуль, где при отсутствии давления на поршень 7, что, конечно, не понятно, принимая во внимание небольшую величину давления, действующего в цепи.

Работа схемы рис. 2 сводилась к следующему: генераторы G_1 находятся на одном валу, и э. д. с. на вторичной обмотке трансформатора T_2 по фазе совпадает с э. д. с. второй обмотки трансформатора T_1 . Таким образом, когда в промежутке проходит через нуль, одновременно и в нем начинают восстанавливаться напряжения на конденсаторах C_1 и C_2 .

Как видно из рис. 2, промежуток устроен с 2-кратными разрывами, и напряжение, получаемое на C_2 , подводится к траверзе.

Таким образом напряжением от T_2 должен пробиваться промежуток U_{AB} или промежуток U_B . Момент работы осциллографа фиксировался контактами m и n , причем контакт m был установлен неподвижно, а контакт n жестко связан с траверзой. Напряжение на контакт m и n соответствовало напряжению вторичной обмотки трансформатора тока, включенного в главную цепь тока. При замыкании этих контактов напряжение подавалось на средний звено вспомогательного контура и при токе, близком к нулю, приходил в действие BK , а за ним и контур катодного осциллографа.

Операции включения и выключения испытуемого аппарата производились следующим образом: $ПИ$ включался от руки ранее; один нож рубильника K включал трансформатор T_2 другой — оперативную цепь постоянного тока; при замыкании рубильника K автоматически включался масляный

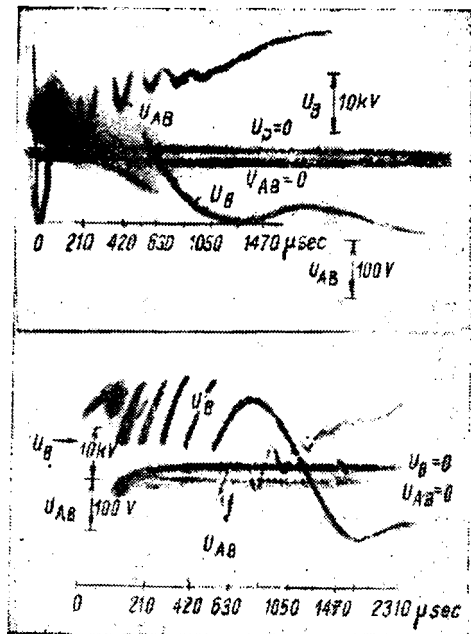


Рис. 5

выключатель, и от контактов на валу выключателя замыкалась цепь катушки 3, вне зависимости от работы ИП выключатель MB автоматически отключался примерно через 1 сек после наступления к. з. В дальнейшем рубильник K отключался от руки.

При опытах одна пара пластин KO всегда записывала напряжение на траверзе (U_B), другая пара пластин — иногда общее напряжение ИП, иногда ток в цепи при помощи биффилярно намотанного сопротивления Z_1 .

Результаты опытов. Исследования условий гашения дуги, проведенные нами в 1935—1936 гг. при простом разрыве контактов под маслом, показали, что после прохода тока через нуль имеют место также последовательные разряды емкости, приключенной параллельно промежутку, как и в простом масляном выключателе. Можно было предполагать, что при наличии интенсивного масляного дутья скорость деионизации промежутка настолько возрастает, что таких пробоев быть уже не может. Однако позднейшие опыты это положение опровергли, и при наличии импульсного масляного дутья в вышеописанной модели появились принципиально такие же всплески тока, как при отсутствии масляного дутья. На рис. 4 и 5 приведены типичные осциллограммы, полученные при опытах. Осциллограммы рис. 4 сняты при открытой трубке 4 (т. е. по верхнему правому рис. 3), а рис. 5 — при наличии 6-мм щели (нижняя часть рис. 3). Как видно из приведенных осциллограмм, никакой принципиальной разницы между процессом при наличии щели и без нее — нет. В обоих случаях после прохода тока через нуль происходит ряд последовательных разрядов емкости на дуговой промежуток, причем частота этих пробоев и число их весьма значительны.

Кривые тока, записанные за время пробоев, указывают, что время разряда конденсатора на дуговой промежуток не превышает нескольких микросекунд, а скорость изменения тока соответствует собственной частоте контура — конденсатор, дуга, сопротивление r_1 . На некоторых осциллограммах ток получался в виде явно выраженной периодической кривой частоты порядка $10^6 \div 1,5 \cdot 10^6$ Hz.

При наличии таких пробоев вопрос о том, что считать диэлектрической прочностью промежутка, является неопределенным. Как видно из осциллограмм рис. 4, пробивное напряжение промежутка после прохода тока через нуль при наличии вышеуказанных пробоев меняется далеко не однозначно, вначале оно иногда остается почти постоянным (средняя осциллограмма рис. 4), иногда же быстро растет, затем или меняется мало или претерпевает большее изменение в ту или другую сторону. Осциллограмм, подобных верхней осциллограмме рис. 5, на которых количество пробоев было зафиксировано не более 1—2, почти не получалось; в подавляющем большинстве случаев все пробойные всплески не попадались на осциллограмме, хотя скорость

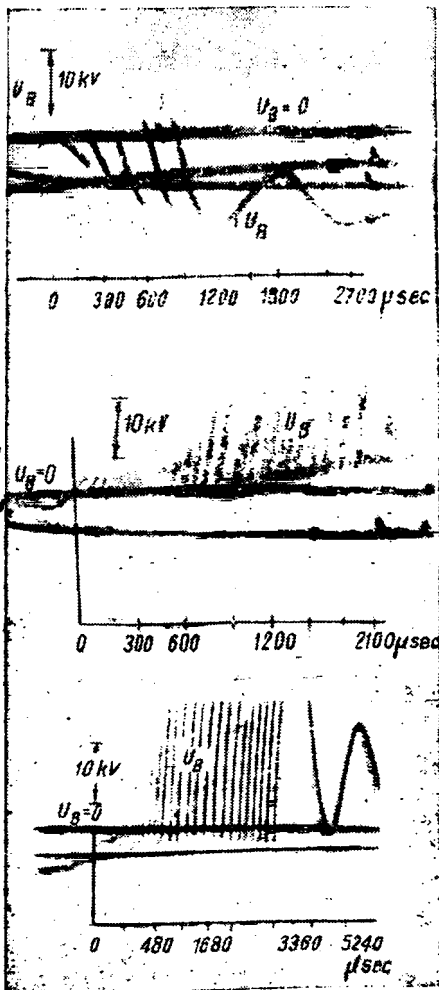


Рис. 4

развертки катодного осциллографа была невелика. Процесс последовательных разрядов и зарядки емкости C_2 нередко продолжался на всей длине осциллограммы, хотя на ней укладывалось время 2000—3000 μ sec.

Подавляющее число опытов велось при двух пружинах, подающих масло к месту разрыва дуги. Одна (2) создавала давление под поршнем 7 (рис. 3) около 3 ат, а другая (3) около 10 ат.

В табл. 1 и 2 сведены основные средние данные, полученные на основании большого числа опытов.

В таблицах приняты следующие обозначения: I_e — эффективное значение тока к. з. Эта величина не измерялась при каждом опыте, а определялась по величине напряжения на генераторе G_1 и предварительным опытом с записью тока при помощи магнитного осциллографа; U_1 — первое, после прохода тока через нуль, напряжение на траверзе ИП, которое пробило промежутки; U_k — последнее напряжение (перед появлением собственных колебаний цепи трансформатора); U_n — промежуточное значение (в середине процесса) пробивного напряжения; t_1 , t_k , t_n — времена подъема соответствующих напряжений; n — число пробоев на данном

отрезке времени; $\frac{n}{t_y}$ — число пробоев в миллисекунду;

$\frac{U_1}{t_1}$, $\frac{U_k}{t_k}$, $\frac{U_n}{t_n}$ — средние скорости подъема соответствующих напряжений.

В среднем получилось, что при более мощной пружине (3) пробивные напряжения и частота пробоев больше, чем при пружине 2. Это, конечно, так и должно быть. Однако это обстоятельство не вполне резко выражено.

Из табл. 1 видно, что, например, величина $\frac{U_1}{t_1}$ (характеризующая среднюю скорость роста диэлектрической прочности дугового промежутка непосредственно после прохода тока через нуль) для токов меньше 3000 А больше при пружине 2, чем при пружине 3, в то время как при токах

Таблица 1

(Средние величины)

I_e А	№ пружины	$\frac{U_1}{t_1}$ В/ μ sec	$\frac{U_k}{t_k}$ В/ μ sec	$\frac{U_n}{t_n}$ В/ μ sec	$\frac{n}{t_y}$
Меньше 3000	2	115	156	168	14
	3	91	155	310	18,2
Около 4000	2	29	142	164	10
	3	40	121	196	18,8

Таблица 2

(Пружина 3)

I_e А		$\frac{U_1}{t_1}$ В/ μ sec	$\frac{U_k}{t_k}$ В/ μ sec	$\frac{U_n}{t_n}$ В/ μ sec	$\frac{n}{t_y}$
Меньше 3000	Со щелью	100	155	180	16,5
	Без щели	29	195	330	18,2
Около 4000	Со щелью	—	121	196	19
	Без щели	40	128	345	17

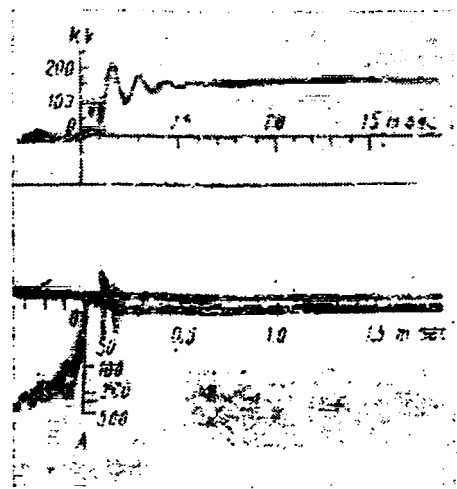


Рис. 6

около 4000 А соотношение обратное. Значения в обоих случаях получились больше при пружине 2, при пружине 3. В то же время $\frac{U_n}{t_n}$ и число пробоев в единицу времени при пружине 3 заметно больше, чем при пружине 2.

Правда, все величины, характеризующие рост диэлектрической прочности промежутка при наличии масляного дуги, получились значительно больше, чем в отсутствии дуги. Однако результаты сравнения действия двух пружин, давших давление масла в 3 и 10 ат, не столь явно указывают на эффект увеличения давления, как это можно было ожидать.

С целью выявить действие щели в табл. 2 сведены данные о тех же величинах, что и табл. 1, при наличии и без нее (трубка 4 открыта). Табл. 2 показывает, что щели диэлектрическая прочность растет быстрее.

Физическое объяснение этого явления, возможно, заключается в том, что при открытой трубке 4 масло давило дугу по более широкому фронту и быстрее отгоняло столб дуги от линии контактов. Это, конечно, совсем значит, что применение направленного дутья эффективно.

Полученный результат может быть объяснен несколькими причинами. Основная причина следующая.

Как уже указывалось, дуга в нашем приборе гаснет в первом проходе тока через нуль. В зависимости от момента расхождения контактов этот проход тока через нуль может произойти спустя 0,01 ÷ 0,001 sec (и даже меньше) времени горения дуги. Поэтому степень ионизации столба дуги главным током от опыта к опыту менялась и была случайна. Попытки ее стабилизировать — регулировать время горения дуги в нашем приборе — успехом не увенчались.

Этой же причиной можно объяснить разброс точек, приведенный в опытах.

Размеры щели выхлопного отверстия должны были быть подобраны экспериментально. Очень возможно, что при недостаточном размере выхлопного отверстия устройство направленной струи масла не столько служило своему основному назначению, сколько тормозило движение масла, говоря, играло отрицательную роль.

Последнее соображение, базирующееся на анализе изведенных опытов, весьма ценно. Оно указывает, что подбор направляющих устройств для струи масла необходимо производить экспериментально и что размеры направляющих устройств имеют принципиальное значение.

Что при определенных размерах направляющих устройств их дает положительный результат, указывает на опыт усиления масляных выключателей конструкцией масляного дутья: с направляющими устройствами давало более высокий эффект, чем без них.

Произведенные опыты показывают, что в очень многих случаях, даже при наличии импульсного дутья, прогорания дуги сопровождается рядом последовательных разрядов емкости системы на дуговой промежуток. На рис. 6 приведена катодная осциллограмма,

ГЕС [2] при испытании импульсного выключателя 22,5 kV, на которой ясно видны подобные же пробои дугового промежутка.

Таким образом процесс последовательных разрядов емкостей на дуговой промежутке сопровождается не только тлеющей малоэнергичной дугой в простом масляном выключателе, а может иметь место и при наличии мощного дугогасящего устройства и в случае гашения мощных дуг. Это, конечно, не значит, что таков процесс должен быть всегда. Но это значит, что процессы на дуговом промежутке и при его могут сильно зависеть друг от друга для любых устройств и любых дугогасящих устройств, и, следовательно, скорость восстановления напряжения и ее влияние

на процесс гашения дуги обусловлены не только постоянными цепи, но и самой дугогасящей системой.

Литература

1. Бу й л о в, «Электричество» № 1, 1936, № 14, 1937 и № 22 1937.
2. Skeats, El. Engineer. № 6, 1936.
3. Van Sickle, Transact. of AIEE № 3, 1933; El. Engineer. № 2, 1935 и № 8, 1937.
4. Flurscheim, Journ. of IEE № 476, 1936 и March, 1935.
5. Prince, El. Engineering № 4, 1935.

Выравнивание неодинаковой нагрузки фаз в трехфазной системе

С. И. КУРЕНЕВ, М. А. ГАШЕВ, А. С. ЕРЕМЕЕВ

Ленинград

ПРИМЕНЕНИЕ в промышленности мощных однофазных приемников, питаемых от электрических станций или станций ограниченной мощности, ставит задачу выравнивания несимметрии, получающейся в результате неодинаковой нагрузки фаз. В большинстве случаев только одним распределением приемников между фазами сети не удается возможным добиться нужной степени равномерности нагрузки фаз, удовлетворяющей требованиям электрических станций.

Задача выравнивания усложняется тем, что в результате особенностей режима работы приемников неодинаковость нагрузки фаз не остается постоянной и связанной с определенными фазами.

Выравнивание неодинаковой нагрузки фаз трехфазной сети может быть осуществлено с помощью вращающихся машин или статических емкостей и индуктивностей. В этой статье рассматриваются способы выравнивания неодинаковой нагрузки фаз в трехфазных системах с помощью емкостей и самоиндукций.

Пользуясь методом симметричных координат, ток прямой последовательности можно выразить в функции линейных токов:

$$i_{1np} = \frac{i_1 + a i_2 + a^2 i_3}{3}, \quad (1)$$

где a — оператор поворота вектора на 120° в положительную сторону.

Выражая линейные токи через фазное напряжение симметричной звезды U_1 и фазные проводимости приемников Y_{23} и Y_{31} , получаем:

$$i_{1np} = \dot{U}_1 (Y_{12} + Y_{23} + Y_{31}). \quad (2)$$

Аналогично, ток обратной последовательности:

$$i_{1ob} = -\dot{U}_1 (Y_{23} + a Y_{31} + a^2 Y_{12}). \quad (3)$$

Необходимым условием симметрии трехфазной системы является отсутствие в ней токов обратной последовательности — $i_{1ob} = 0$.

Заменяя в выражении (3) полные проводимости через активные и реактивные составляющие и оператор a его комплексным значением, после упрощения получим:

$$2g_{23} - g_{31} - g_{12} + \sqrt{3}(b_{31} - b_{12}) + j[\sqrt{3}(g_{31} - g_{12}) + (-2b_{23} + b_{12} + b_{31})] = 0, \quad (4)$$

$$2g_{23} - g_{31} - g_{12} + \sqrt{3}(b_{31} - b_{12}) = 0;$$

$$\sqrt{3}(g_{31} - g_{12}) - 2b_{23} + b_{12} + b_{31} = 0. \quad (5)$$

Из равенства связывающие активные и реактивные проводимости всех трех фаз, являются исходными при

решении задачи выравнивания неодинаковой нагрузки в трехфазной системе при помощи самоиндукций и емкостей.

Однофазная нагрузка. Допустим, что однофазная нагрузка подключена на линейное напряжение U_{23} , тогда, положив в уравнениях (5) активные проводимости $g_{31} = g_{12} = 0$ и решая уравнения относительно реактивных проводимостей b_{31} и b_{12} , получаем:

$$b_{31} = -\frac{1}{\sqrt{3}} g_{23} + b_{23}; \quad b_{12} = \frac{1}{\sqrt{3}} g_{23} + b_{23}. \quad (6)$$

Подключая к фазам 3—1 и 1—2 только реактивности b_{31} и b_{12} , значения которых выбираются согласно уравнению (6), всегда можно добиться исчезновения токов обратной последовательности в системе линейных токов. Следовательно, можно добиться полного выравнивания однофазной нагрузки подключением емкостей и самоиндукций.

Из выражений (6) очевидно, что при постоянной активной проводимости нагрузки ($g_{23} = \text{const}$) и переменной реактивной проводимости ($b_{23} = \text{var}$), т. е. $\varphi_{23} = \text{var}$, выравнивающая реактивность b_{12} остается неизменно индуктивной (знак +). Реактивность b_{31} уменьшается при возрастании b_{23} от 0 до

до $\frac{1}{\sqrt{3}} g_{23}$ ($0 < \varphi < 30^\circ$), оставаясь емкостной (знак —), при

дальнейшем возрастании b_{23} от $\frac{1}{\sqrt{3}} g_{23}$ ($\varphi > 30^\circ$) она увеличивается, перейдя в индуктивную (знак +).

В частном случае, когда $b_{23} = \frac{1}{\sqrt{3}} g_{23}$ ($\varphi = 30^\circ$), реактивность $b_{31} = 0$, выравнивание может быть выполнено подключением в фазу 1—2 одной самоиндукции, при этом $\cos \varphi = 0,5$.

Мощность реактивных приборов, необходимых для выравнивания, будет наименьшей, и управление выравниванием более простым, если $\cos \varphi$ однофазной нагрузки будет предельно доведен до единицы ($b_{23} = 0$).

В этом случае

$$b_{31} = -\frac{1}{\sqrt{3}} g_{23}; \quad b_{12} = \frac{1}{\sqrt{3}} g_{23}. \quad (7)$$

Выражения (7) показывают, что в случае активной однофазной нагрузки для полного выравнивания достаточно включить в фазу 1—2 такую индуктивность, величина проводимости которой составляет 58% величины активной проводимости нагрузки, а в фазу 3—1 включить емкость, проводимость которой равна по величине проводимости самоиндукции.

Таким образом суммарная мощность выравнивающих реактивностей составляет 116% от мощности однофазной активной нагрузки. Так как в этом случае подключаемые для выравнивания реактивные проводимости одинаковы по величине,

коэффициент мощности трехфазной системы после выравнивания будет равен единице. Линейные же токи после выравнивания будут в $\sqrt{3}$ раза меньше тока однофазной нагрузки (рис. 1).

Двухфазная нагрузка может быть выравнена двумя способами: по первому способу компенсируются линейные токи обратной последовательности от каждой однофазной нагрузки, по второму — компенсируются линейные токи обратной последовательности от обеих нагрузок.

Выравнивание по первому способу требует большей мощности реактивностей, чем по второму. Кроме того, схемы управления включением и выключением реактивностей сложнее. Выравнивание по второму способу позволяет одновременно компенсировать реактивные токи прямой последовательности.

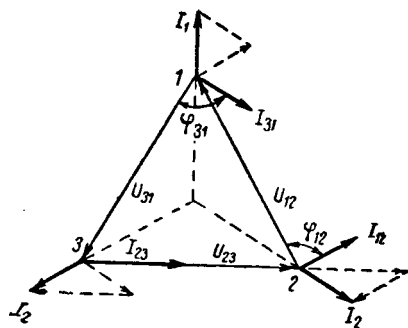


Рис. 1

Пусть две однофазных нагрузки, характеризующиеся проводимостями Y'_{23} и Y'_{12} , подключены на линейные напряжения U_{23} и U_{12} .

Для получения симметричных линейных токов необходимо подключить к сети реактивности выравнивания b''_{23} , b''_{31} и b''_{12} , которые должны быть выбраны так, чтобы система линейных токов обратного следования была равна нулю. Кроме того, потребуем, чтобы коэффициент мощности после выравнивания был равен единице.

Подставляя проводимости нагрузки и проводимости выравнивания в выражение (3) и приравнявая его нулю, получаем:

$$\begin{aligned} -g_{12} + \sqrt{3} b_{12} - \sqrt{3} b_{31} - 2g_{23} &= 0; \\ -b_{12} - \sqrt{3} g_{12} - b_{31} + 2b_{23} &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Для того чтобы коэффициент мощности был равен единице, необходимо выполнить условие:

$$b_{12} + b_{23} + b_{31} = 0. \quad (9)$$

В выражениях (8) и (9)

$$b_{12} = b'_{12} + b''_{12}; \quad b_{23} = b'_{23} + b''_{23}; \quad b_{31} = b''_{31}.$$

Решая систему (8) и (9) относительно реактивностей b'_{12} , b'_{23} и b'_{31} , получаем:

$$b'_{23} = -\frac{1}{\sqrt{3}} g_{12}; \quad b'_{12} = \frac{1}{\sqrt{3}} g; \quad b'_{31} = \frac{1}{\sqrt{3}} (g_{23} - g_{12}). \quad (10)$$

Уравнения (10) являются исходными при рассмотрении вопроса выравнивания любой двухфазной неодинаковой нагрузки. Кроме того, они дают указание на способ автоматического и ручного регулирования. В самом деле, активная нагрузка фазы 1—2 определяет величину емкости в фазе 2—3, активная нагрузка фазы 2—3 — значение индуктивности в 1—2, разность активных нагрузок в фазах 2—3 и 1—2 и ее знак определяют величину и характер реактивности в фазе 3—1. Поэтому осуществление ручной регулировки по приборам (ваттметрам) не представляет затруднений. На рис. 2 приведена векторная диаграмма для случая

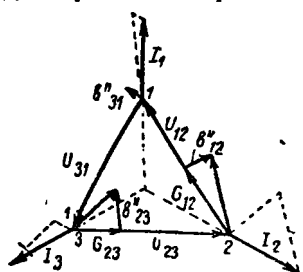


Рис. 2. Векторная диаграмма

Трехфазная неодинаковая нагрузка будет рассматриваться нами как результирующая двух симметричных нагрузок, из которых одна дает систему токов прямого следования S_1 , а другая — обратного S_2 .

Для компенсации системы S_2 необходимо выделить с учетом фазного сдвига относительно какого-либо постоянного вектора напряжения, например вектора \dot{U}_1 , который будет принят за основной, и создать другую систему токов обратного следования — S'_2 равной величины, но сдвинутой относительно первой на 180° .

Однако необходимость сохранения равенства абсолютных значений ($|S'_2| = |-S_2|$) и постоянства угла сдвига между S_2 и $-S_2$ в 180° чрезвычайно затрудняет управление выравниванием при изменении нагрузки.

Значительное упрощение может быть достигнуто, если систему векторов токов обратной последовательности положить на две взаимноперпендикулярных системы S'_2 и S''_2 , векторы которых имеют уже постоянные фазы относительно вектора напряжения \dot{U}_1 и при изменении нагрузки меняются только по величине.

Подбирая две такие комбинации реактивностей, которые при включении в трехфазную сеть дают две системы токов обратной последовательности, равные и прямо противоположные системам S'_2 и S''_2 от нагрузки, можно получить взаимную компенсацию этих четырех систем ($S'_2, S'_2 - S'_2, -S'_2, -S''_2$). При этом в трехфазной сети останется только одна система симметричных токов прямой последовательности.

Легко можно убедиться, что надлежащим включением кондендукций и емкостей можно получить две таких системы токов только обратной последовательности, из которых, например, основной вектор \dot{I}'_1 одной системы S'_2 совпадает с вектором \dot{U}_1 , а основной вектор \dot{I}''_1 другой системы S''_2 перпендикулярен к вектору \dot{U}_1 .

Для определения необходимых соотношений между реактивностями, создающими систему токов обратного следования $-S'_2$, основной вектор которой \dot{I}' совпадает с вектором \dot{U}_1 , положим в уравнениях (2) и (3) все активные проводимости равными нулю и тогда в зависимости от величин реактивностей будем иметь:

$$\dot{I}_{106} = -j\dot{U}_1 (b'_{23} + b'_{12} + b'_{31}); \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{106} &= \dot{U}_1 \frac{\sqrt{3}}{2} (b'_{12} - b'_{31}) + j \frac{1}{2} \dot{U}_1 (2b'_{23} - b'_{31} - b'_{12}) = \\ &= \dot{I}'_{106} + j\dot{I}''_{106}. \end{aligned}$$

Знак (') означает, что реактивности соответствуют системе S'_2 .

Так как по условию все другие системы токов, кроме S'_2 и S''_2 , должны отсутствовать, то реактивности должны быть выбраны так, чтобы

$$\dot{I}_{1np} = 0; \quad \dot{I}''_{106} = 0. \quad (12)$$

Из выражений (11) и (12) следует, что для получения только системы токов обратного следования S'_2 с основным вектором \dot{I}'_{106} , совпадающим с вектором \dot{U}_1 , необходимо чтобы удовлетворялись равенства:

$$b'_{23} + b'_{12} + b'_{31} = 0; \quad 2b'_{23} - b'_{31} - b'_{12} = 0,$$

что возможно лишь при условии

$$b'_{12} + b'_{31} = 0; \quad b'_{23} = 0.$$

Из выражения (13) следует, что при включении в фазу 1—2 самоиндукции в фазу 3—1 необходимо включить иную по проводимости емкость, или наоборот (рис. 3).

Для определения необходимых соотношений между реактивностями, создающими систему токов обратного следования $-S'_2$ с основным вектором \dot{I}'_{106} , перпендикулярным вектору \dot{U}_1 , необходимо, чтобы

$$\dot{I}_{1np} = 0; \quad \dot{I}'_{106} = 0.$$

Знак ($''$) указывает, что реактивности соответствуют системе S_2'' .

Равенства (14) возможны лишь при условии

$$2b_{12}'' + b_{23}'' = 0; \quad 2b_{31}'' + b_{23}'' = 0. \quad (14a)$$

Из выражения (14a) следует, что если в фазы 1—2 и 3—1 включены самоиндукции (емкости), то в фазу 2—3 должна быть включена емкость (самоиндукция), проводимость которой в два раза больше проводимости самоиндукций (емкостей), включенных в фазы 1—2 и 3—1 (рис. 4).

Таким образом уравнения (13) и (14a) устанавливают определенные соотношения между проводимостями реактивных систем токов обратного следования.

При замене индуктивностей емкостями или емкостей индуктивностями получается поворот систем на 180° .

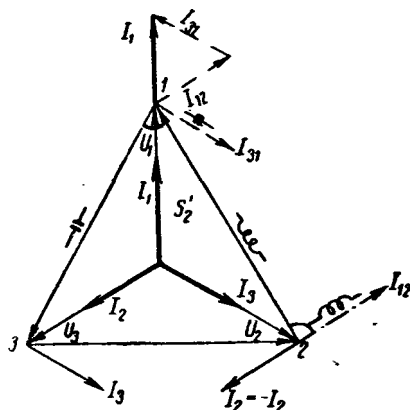


Рис. 3. Составляющая система токов обратного следования S_2 , основной вектор которой совпадает с вектором \dot{U}_1 . Система получена включением самоиндукции в фазу 2—3 и равной ей проводимости емкости в фазу 3—1

Необходимо отметить, что согласно уравнениям (13) и (14a), при выравнивании в трехфазную систему должны быть включены равные по мощности емкости и самоиндукции, следовательно, $\cos \varphi$ установится при этом не ухудшается.

Регулируя проводимости обеих комбинаций реактивных элементов при сохранении соотношений между ними согласно (13), (14a), можно получить любую по величине и по ориентации относительно вектора \dot{U}_1 систему токов обратного следования — S_2 .

Такая регулировка может производиться в зависимости от фаз обратной последовательности нагрузки автоматически, специальными приборами, или от руки, руководствуясь показаниями стрелочных индикаторов.

Определение необходимой мощности реактивных приборов для выравнивания в общем случае трехфазной переменной и неодинаковой нагрузки, очевидно, должно сводиться к определению системы токов обратной последовательности для самой неблагоприятной комбинации нагрузок отдельных фаз.

Однако при этом, в некоторых случаях, могут получиться весьма большие мощности выравнивающих реактивных элементов, не всегда оправдываемые практической необходимостью. Это относится, например, к нагрузкам, имеющим определенный закон изменения мощности и $\cos \varphi$ (графитовочные печи).

Как и в случае однофазной нагрузки, задача разрешается более просто, при предварительном доведении $\cos \varphi$ в отдельных фазах реактивными приборами до единицы.

В расчете выравнивания будем иметь дело с тремя разностями активных проводимостей фаз вместо шести (без предварительной компенсации). Это обстоятельство значительно упрощает расчеты.

Вот пример для случая нагрузки трехфазной сети графитировочными печами. Нагрузка печи изменяется по рис. 5.

Таким, что технологический процесс (остывание, разгрузка) ведется таким образом, что включение и выключение печи производится только в определенные моменты, а именно через каждые 17,3 h (52 : 3).

График каждой фазы и полная нагрузка всех трех фаз даны графиками рис. 6 и 7.

Вместо уравнения (6) в совокупности с (13) и (14a) дадим универсальные условия для расчета проводимостей

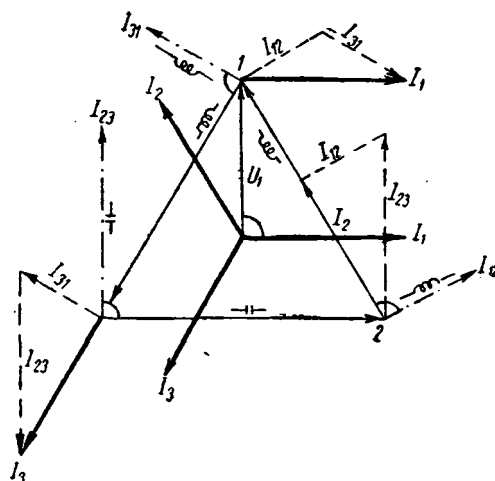


Рис. 4. Составляющая система токов обратной последовательности S_2'' , основной вектор которой \dot{I}_1 отстает на 90° от вектора \dot{U}_1 . Система получена включением емкости в фазу 2—3

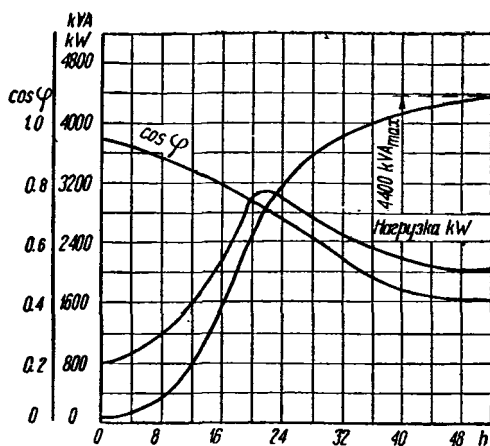


Рис. 5. Кривые нагрузки графитированной печи за время плавки

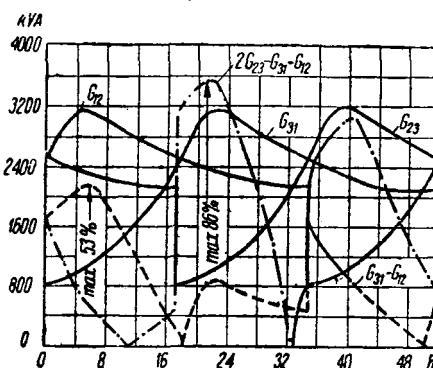


Рис. 6. I_{12} при правильном чередовании включения графитированных печей

равнивающих приборов для систем — S_2' и — S_2'' :
система — S_2'

$$\sqrt{3}(b_{12}' - b_{31}') = 2g_{23} - g_{31} - g_{12}; \quad b_{12}' = b_{31}'; \quad (15)$$

система — S_2''

$$\left. \begin{aligned} 2b_{23}'' - b_{12}'' - b_{31}'' &= \sqrt{3}(g_{31} - g_{12}); \\ b_{12}'' &= -0,5b_{23}'', \quad b_{31}'' = -0,5b_{23}'' \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

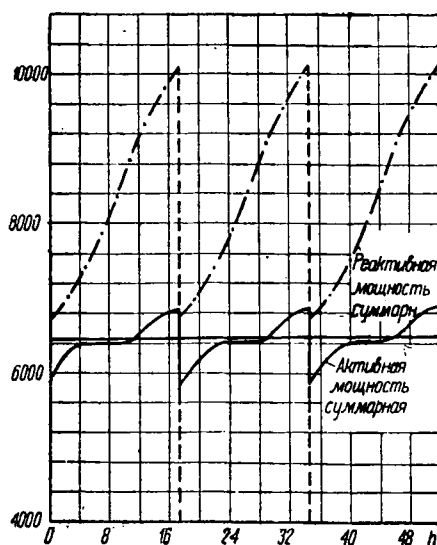


Рис. 7. Изменение активной и реактивной суммарных мощностей трех фаз

Здесь b' и b'' — проводимости выравнивающих приборов, так как собственные реактивные проводимости фазных нагрузок предполагаются уже скомпенсированными.

График рис. 6 дает изменение разности ($2g_{23} - g_{31} - g_{12}$) в зависимости от времени. Это выражение представляет собой изменение составляющей I' тока обратной последовательности нагрузки. Из графика получаем, что в 22 h эта составляющая достигает максимального значения¹ — 86%.

¹ За 100% принята нагрузка в 4000 kVA.

Необходимая мощность реактивных приборов для выравнивания системы

$$b'_{12 \max} - b'_{31 \max} = \frac{1}{\sqrt{3}} 86\% = 50\%,$$

т. е.

$$b'_{12 \max} = 25\% \text{ (емкость или самоиндукция)}$$

и

$$b'_{31 \max} = 25\% \text{ (самоиндукция или емкость).}$$

Подобным способом найдем, что максимальное значение

$$g_{31} - g_{12} = 53\%.$$

Поэтому

$$2b''_{23} - b''_{31} - b''_{12} = 2b''_{23} + 0,5b''_{23} + 0,5b''_{23} = 92\%.$$

Отсюда:

$$b''_{23} = 31\% \text{ (емкость или самоиндукция);}$$

$$b''_{31} = b''_{12} = 15,5\% \text{ (самоиндукция или емкость);}$$

необходимая же мощность приборов

$$b_{12} + b_{23} + b_{31} = 62\%.$$

Полная необходимая мощность выравнивающих приборов будет 112%, или 4500 kVA (из них 2250 kVA емкость, 2250 kVA самоиндукция), что составляет всего лишь 31% отношению к полной мощности трех печей (14 700 kVA).

Сравнение полученного результата с результатом выравнивания по способу включения всех трех печей в фазу показывает, что при условии предварительной компенсации необходимая мощность выравнивающих приборов ставляет во втором случае 8000 kVA, т. е. она почти в 2,5 раза больше.

Система единиц Джорджи

М. А. ШАТЕЛЕН

Ленинградский индустриальный институт

Уже давно в международном масштабе изучается вопрос о создании системы единиц, которая одинаково годилась бы для измерений электрических, магнитных и механических.

Как известно такая система должна иметь 4 основных единицы, из которых по крайней мере одна должна быть электрического или магнитного характера.

В 1896 г. такую систему предложил недавно скончавшийся проф. Андре Блондель, именно систему с основными единицами — сантиметр, секунда, ом и ампер.

Затем был предложен ряд других систем, из которых большое внимание обратили на себя системы, предложенные нашим проф. П. Л. Калантаровым и итальянским проф. Джорджи.

Работавшая над вопросом о выборе новой системы единиц Международная электротехническая комиссия остановилась на этой последней системе с некоторым изменением. Именно Международная электротехническая комиссия согласилась с предложением Джорджи принять в качестве первых трех основных единиц сантиметр,

килограмм (масса) и секунду, но относительно четвертой единицы электрического или магнитного характера решения не приняла и поставила подвергнуть этот вопрос дальнейшему суждению в национальных комитетах МЭК, также запросить мнение комиссии по символам, единицам и номенклатуре (SUN) Международного союза чистой и прикладной физики и Международного комитета мер и весов, предложив одновременно выбрать четвертую основную единицу числа практических электрических единиц: вольт, ом, ампер и т. д.

У нас над этим вопросом работала Комиссия по единицам мер Академии наук СССР, которая не согласилась с предложением МЭК относительно четвертой основной единицы и высказала следующее мнение¹.

1. Принять систему единиц, в которой основным является единица длины, массы, времени и магнитной проницаемости.

¹ См. статью К. М. Поливанова в „Известиях А. Н.“ от 1937 г.

2. В качестве первых трех единиц принять: метр, килограмм, секунду, определяемые установленными методами по своим эталонам.

Четвертую единицу определить как $\frac{1}{4} \cdot 10^7$ магнитной проницаемости пустоты².

Это мнение было сообщено Комитету по участию СССР в Международных энергетических конференциях и Главному управлению мер и весов НКВД.

В июне 1938 г. на собрании Международной комиссии в Англии вопрос о выборе четвертой основной единицы в системе Джорджии был подвергнут дополнительному обсуждению, и Комитетом было принято следующее решение: „Комитет (Комитет МЭК по единицам мер), ознакомившись с совпадающими ответами Консультативного комитета (при Международном комитете мер и весов) и Комитета по символам, единицам и номенклатуре (SUN) при Международном союзе чистой и прикладной физики в отношении выбора четвертой единицы в системе Джорджии (MKS), изъясляет свое согласие рекомендовать для связи между электрическими и механическими единицами магнитную проницаемость пустоты, придав ей величину $\mu_0 = 10^{-7}$ в рационализованной системе и $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^7$ в системе рационализованной.

Комитет признает, что любая из поименованных ниже единиц — ом, ампер, вольт, генри, фарада, кулон, вебер — может также служить четвертой основной единицей, так как каждую единицу и ее размерность можно вывести из любой совокупности четырех остальных, независимых друг от друга.

Примечание. Необходимость достигать большой точности обычно приводила национальные лаборатории к реализации абсолютных единиц на основании определений абсолютного ампера и абсолютного ома.

² В рационализованной системе единиц.

Наоборот, для технических измерений практическими эталонами служат обычно эталоны сопротивления и электродвижущей силы, так как эти эталоны обладают преимуществом легкости переноски, простоты и точности при их применении. Эталоны этих двух величин хранятся в Международном бюро мер и весов в Севре⁴.

Таким образом общее собрание МЭК одобрило ту же точку зрения, что и наша Комиссия по единицам мер как в отношении принятия в качестве четвертой единицы — магнитной проницаемости, так и определения единицы как $\frac{1}{4} \cdot 10^7$

магнитной проницаемости пустоты. Конечно материально эта единица может осуществляться через эталоны любой практической электрической единицы (ампер, вольт, ом, генри и т. д.). Сокращенно обозначение принятой системы Джорджии будет (MKS μ_0).

Принятие за одну из основных единиц в системе Джорджии единицы массы — килограмма поставило на очередь вопрос о присвоении названия единицы силы, так как при сохранении прежнего названия весьма возможны всякого рода недоразумения.

Этот вопрос подвергался всестороннему рассмотрению в национальных комитетах Международной электротехнической комиссии. Был предложен ряд имен, как-то: Вис (Vis), Пентдин (10^5 дин), Гал или Галия (Галилей), Ньютон и др. Из всех предложений МЭК остановился на названии Ньютон и постановил запросить все заинтересованные организации. В случае согласия комитетов Международная электротехническая комиссия уже войдет с представлением о присвоении единицы силы им. Ньютон в Международный комитет мер и весов для окончательного решения вопроса о названии для единицы силы.

Об определении коэффициентов продольного и поперечного намагничивания в синхронных машинах

П. М. ВАЙНТРУБ

Киевский индустриальный институт

При количественном учете реакции статора в явнополюсной машине, для использования кривой намагничивания, относящейся к ротору, оперируют эквивалентными кривыми статора. Последние находятся путем умножения продольных ампервитков статора на продольный коэффициент намагничивания k_d и поперечных ампервитков статора на поперечный коэффициент намагничивания k_q . Численно $\frac{1}{k_d}$

равны соответственно количеству продольных и поперечных ампервитков статора, эквивалентных по своему индукционному действию одному ампервитку ротора. Коэффициенты k_d и k_q зависят от ряда факторов, в частности от конструкции магнитной системы машины, и точное определение их невозможно, так как ампервитки статора и ротора не совпадают по форме и распределены различным образом. Сделав ряд

упрощающих допущений, Sumec [1] и Arnold [2] показали, что k_d и k_q с достаточной для практики точностью могут быть приняты равными отношению первых гармонических составляющих поля статора и поля ротора. Этот метод определения коэффициентов продольного и поперечного намагничивания, сейчас является общепринятым и применяется как при аналитическом, так и при графическом определении k_d и k_q .

Однако в некоторых учебниках, имеющих у нас широкое распространение, при выводе коэффициентов k_d и k_q сопоставляются не первые гармонические поля статора и ротора, а их площади. В этом случае авторы этих книг, естественно, приходят к неверным конечным формулам, так как форма распределения полей статора и ротора различна, и поэтому отношение площадей статора и ротора численно не равно отношению первых гармонических.

Так например, проф. Усатый [3] получает, что

$$k_d = \frac{2 \sin \frac{\alpha_i \pi}{2}}{\sin \alpha_i \pi}, \quad (1)$$

в то время как в действительности

$$k_d = \frac{\alpha_i \pi + \sin \alpha_i \pi}{4 \sin \frac{\alpha_i \pi}{2}}. \quad (2)$$

Любопытно отметить, что численные значения k_d , приводимые автором, не соответствуют его же формуле. При ближайшем рассмотрении оказывается, что автор, повидимому, чтобы не утруждать себя вычислительной работой, привел для k_d значения, имеющиеся у Arnold'a, т. е. вычисленные по формуле (?).

Автор вычисляет k_q графически и не приводит для него аналитической формулы, поэтому сравним численные значения k_q , полученные им и Arnold'ом (таблица).

Как видим, значения k_q , приводимые Arnold'ом и автором, разнятся соответственно на 49, 21 и 15%.

Принципиальная ошибка, допущенная проф. Усатым, имеется также в книгах Лившица [4], Холуянова [5], Далья [6] и Petersen'a [7].

Мы полагаем, что отмеченные в настоящей заметке ошибки будут не лишним напоминанием авторам учебных посо-

$a = \frac{b}{\tau}$	α_i	$0,9k_q$		$\frac{k_q(\text{Арн.})}{k_q(\text{Ус.})}$
		Арнольд	Усатый	
0,5	0,536	0,342	0,23	1,49
0,6	0,635	0,387	0,32	1,21
0,7	0,718	0,446	0,39	1,15

бий о необходимости самого тщательного и внимательного просмотра помещаемого ими материала.

Литература

1. J. Sumes, Spannungsabfall von Drehstromgeneratoren, ETZ 1911, стр. 77.
2. E. Arnold, Die synchronen Wechselstrommaschinen, стр. 34.
3. С. Усатый, Электрические машины, 1936, стр. 27.
4. М. Лившиц, Электрические машины, 1 часть, стр. 174.
5. Ф. Холуянов, Альтернаторы, 1933, стр. 166.
6. О. Далья, Электрические цепи, 1933, стр. 336.
7. W. Petersen, Wechselstrommaschinen, 1910, стр. 15.

Привет новому отряду ученых в Академии наук СССР!

28 января 1939 г. общим собранием Академии наук СССР по Отделению технических наук избраны 15 новых академиков и утверждены 29 новых членов-корреспондентов.

Ниже мы даем краткие сведения об ученых, избранных в академики и члены-корреспонденты, работающих в области электротехники.

Академик Василий Петрович Никитин, директор краснознаменного Механико-машиностроительного института им. Баумана, доктор технических наук.

В. П. Никитин является видным советским специалистом в области электросварки, пионером этого дела в СССР.

По инициативе и под непосредственным руководством В. П. Никитина на Ленинградском заводе «Электрик» были спроектированы первые советские сварочные машины. В настоящее время большая группа научных работников работает под руководством В. П. Никитина и образует собой целую школу, которая дает интересные и важные исследования в области электросварки.

Все работы В. П. Никитина (около 50 научных работ) отличаются высоким теоретическим уровнем, глубиной и оригинальностью содержания.

В. П. Никитин — автор фундаментального труда по электромашинам и трансформаторам для электросварки. Этот труд представляет собой первую на русском языке книгу, дающую систематическое изложение вопросов, связанных с теорией и работой электрических машин и трансформаторов для сварки. Она является хорошим руководством для инженеров и студентов.

В. П. Никитин известен в СССР и за границей как крупный изобретатель в области сварки. Например, им изобретены специальный сварочный трансформатор, стабилизатор для сварки и др. Все свои изобретения акад. В. П. Никитин в 1931 г. безвозмездно передал в фонд индустриализации нашей страны.

В. П. Никитин является примером крупного научного работника, умеющего разрешать теоретические проблемы в связи с практическими запросами социалистической промышленности, умеющего сочетать общественно-политическую работу с работой научной.

Академик Виктор Сергеевич Кулебакин, орденоносец, доктор технических наук, профессор Военно-воздушной академии РККА им. Жуковского, в настоящее время работает в Ленинградском государственном университете.

трагивают различные области электротехники: электрические машины, аппараты, специальную радиотехнику, освещение и др.

В области электрических машин акад. В. С. Кулебакин выполнил целый ряд работ, касающихся испытаний, расчетов, определения основных параметров и изучения рабочего процесса синхронных машин, трансформаторов возбуждения и машин постоянного тока.

Оригинальное решение дает В. С. Кулебакин в определении основных параметров быстродействующих возбудителей. Эта работа представляет не только научный интерес, но и приобретает большое практическое значение, особенно в связи с разрешением проблемы гидрогенераторов для Куйбышевского гидроузла.

Капитальным трудом В. С. Кулебакина является новая книга «Испытания электрических машин и трансформаторов».

Исследования В. С. Кулебакина в области автоматизации и регулирования позволяют уточнить метод расчета регуляторов. В результате этих работ удалось удачно решить проблему автоматического самолетовождения.

За последние годы В. С. Кулебакиным проделаны исследования асинхронных машин, работающих с переменным статическим конденсатором. В своей научной работе В. С. Кулебакин большое внимание уделяет внедрению статических конденсаторов в наше электротехническое хозяйство.

Кроме этого, В. С. Кулебакиным выполнен целый ряд работ в области электротехники, направленных на повышение обороноспособности нашей страны.

Плодотворная научная и педагогическая деятельность В. С. Кулебакина (в Московском энергетическом институте им. Молотова и в Военно-воздушной академии им. Жуковского), выраставшего большое количество квалифицированных инженеров и научных работников электротехники, неоднократно отмечалась в печати, наградами и премиями. За свои заслуги В. С. Кулебакин удостоен высшей награды — ордена Красной звезды.

Академик Михаил Васильевич Шулейкин, доктор технических наук, профессор. Первая научная работа Шулейкина была посвящена вопросу о свободных колебаниях в цепи последовательного генератора и двигателя. Наряду с научно-педагогической деятельностью Шулейкин вел практическую работу на вторых

ном радиотелеграфном заводе Морского ведомства. М. В. Шулейкин начинает заниматься вопросами телефони. В журнале «Известия по минному делу» начинается его работа о применении генераторов высокой частоты для телефонирования по радио. М. В. Шулейкин, работая над применением машин высокой частоты для телеграфии, осуществляет опыты по радиосвязи между Петроградом и Гельсингфорсом.

Великая Октябрьская социалистическая революция представляет М. В. Шулейкину самое широкое поле деятельности. Начиная с 1918 г., в течение 20-летней своей научной деятельности М. В. Шулейкин создал школу советских радиоспециалистов.

В области распространения радиоволн М. В. Шулейкин начал сначала так называемым «земным лучом», развивая теорию Зоммерфельда и за 8 лет до появления работ английских ученых дал расчетные формулы радиоперехвата вдоль земной поверхности. Следующий этап — большая работа по распространению коротких волн. Эта работа явилась основой всех дальнейших исследований в СССР по коротким волнам. В области радиопередающих устройств М. В. Шулейкину принадлежат первый проект лампового генератора по спрямленным характеристикам, работы по модуляции передатчиков, по «затягиванию», работы по кварцевой стабилизации и др.

М. В. Шулейкин вел большую педагогическую работу в Московском высшем техническом училище, в Институте народного хозяйства, в Военной электротехнической академии, в Московском электротехническом институте связи. Он вырастил большое количество радиоинженеров.

В последнее время деятельность М. В. тесно связана работами по радиотехнике в Академии наук СССР. Академия под его руководством успешно разрешила ряд научно-технических вопросов, связанных с прохождением радиоволн на одной из важнейших радиомаршрутов Союза Москва — Хабаровск.

В 1937 г. М. В. вместе с бригадой работал над вопросом развития радиосвязи в третьей пятилетке. Результаты этой работы бригады М. В. Шулейкина дали возможность наметить ряд практических мер по улучшению работы сети радиостанций СССР. В результате этой большой работы М. В. Шулейкина с его бригадой было дано обобщение особенности распространения коротких волн в различных условиях.

Под руководством М. В. Шулейкина бригада участвовала в разборе причин нарушения радиосвязи между континентом и героической экспедицией папанинцев на Северный полюс. М. В. Шулейкин в этой работе указал основные причины этих нарушений и меры для их устранения. Сочетая глубокий теоретический анализ с опытными исследованиями, М. В. Шулейкин сумел разрешить ряд важнейших проблем и дал много ценных работ для укрепления обороноспособности нашей родины.

Академик Николай Дмитриевич Папалекси, доктор физико-математических наук, профессор. Будучи выдающимся физиком, Н. Д. Папалекси является в настоящее время виднейшим советским специалистом по радиотехнике (теоретической и экспериментальной). Ряд больших работ внедрен в практику Советского Союза. Имя Н. Д. Папалекси широко известно и за границей.

Он был впервые разработан и внедрен в высокочастотную измерительную технику ряд приборов, основанных на динамометрическом принципе и вошедших в учебную программу как у нас, так и за границей. Фундаментальное исследование акад. Н. Д. Папалекси о поведении цепи переменного тока с электрическим вентилем, имеющее большое значение для техники выпрямления переменного тока, легло в основу целого ряда дальнейших исследований в этой области.

Во время в период мировой войны в качестве консультанта Русского общества беспроволочной телеграфии и телефонии, Н. Д. Папалекси выполнил ряд серьезных исследований и разработок. Он впервые в России ввел разрядную лампу, разработал и наладил производство катодных ламп, разработал и применил способ нагрева катодных частей вакуумных приборов высокочастотными индукционными токами — способ, как известно, получивший чрезвычайно широкое применение. Им также впервые осуществлены в России опыты радиотелеграфии с катодными лампами.

В последние годы работы Н. Д. Папалекси приобрели особое значение. Он является одним из выдающихся специалистов в новой области нелинейных колебаний, чрезвычайно

важной как с теоретической, так и с практической стороны. На основании этих работ, установивших новые виды резонансных явлений, возник целый ряд новых устройств («Автопараметрический фильтр», «Трансформаторы частоты» и др.). Доклад о работах в этой области был сделан Н. Д. Папалекси в 1933 г. на международной конференции по нелинейным колебаниям в Париже.

В течение последних лет Н. Д. Папалекси разрабатывает две большие проблемы. Первая относится к новому виду — так называемой параметрической генерации переменного тока. Здесь впервые было осуществлено самовозбуждение цепи переменного тока периодическим изменением емкости. Под руководством Н. Д. Папалекси построены модели параметрических генераторов и ведется дальнейшая конструктивная разработка машин нового типа, предназначенных для практических целей.

Вторая проблема — исследование распространения радиоволн при помощи нового интерференциального метода. На основании этого метода разработан и построен радиодальномер, позволяющий измерять расстояние между двумя удаленными пунктами в отсутствии видимости. Испытания этого метода и нового дальнометра были произведены в ряде экспедиций, возглавляющихся Н. Д. Папалекси в 1934—1937 гг. (последние экспедиции проводились совместно с Гидрографическим управлением Главсевморпути). Опыты показали, что этот метод может быть применен для решения ряда практических задач (в навигации, гидрографии). За эти работы и работы по нелинейным колебаниям Н. Д. Папалекси была присуждена Академией наук СССР в 1936 г. первая Менделеевская премия.

В последние годы Н. Д. Папалекси активно работает в Академии наук: зам. председателя группы технической физики; председателем Комиссии по исследованию условий распространения радиоволн в Арктике, зам. председателя Всесоюзного научного совета по радиофизике. С 1935 г. Н. Д. возглавляет в Физическом институте Академии наук лабораторию колебаний.

Член-корреспондент Академии наук СССР Валентин Иванович Коваленков, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники, бригадир, орденоси. Первая выполненная В. И. Коваленковым работа (с 1907 по 1909 г.) заключалась в разработке телефонной трансляции с микрофототелефонными усилителями. В 1909 г. работа эта настолько подвинулась, что он получает предложение выступить с нею на Всероссийском конкурсе на соискание премии им. А. С. Попова.

С 1907 г. В. И. Коваленков вел большую теоретическую исследовательскую работу в области распространения электромагнитных волн вдоль телефонных проводов, которую он опубликовал в период 1911—1914 гг. в «Известиях Электротехнического института». Насколько глубоко были проработаны затрагиваемые в этом обширном труде (960 стр., 288 чертежей) вопросы, можно судить хотя бы по тому, что акад. А. Н. Крылов в выпущенной им в 1932 г. книге «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики» ссылается на указанную работу В. И. Коваленкова, по ряду вопросов отсылает к ней и сопоставляет ее с работами мирового ученого Кирхгофа.

Некоторые из трудов В. И. Коваленкова переведены на иностранные языки. За работу по распространению электромагнитных волн вдоль проводов В. И. Коваленков получил премию изобретателя беспроволочного телеграфа А. С. Попова и почетный отзыв Академии наук.

В 1914 г. В. И. Коваленков защитил диссертацию на тему «Устанавливающиеся процессы и распространение прерывистого тока по телеграфным проводам».

Одновременно с теоретической работой В. И. Коваленков ведет большую работу в Ленинградском электротехническом институте по созданию телефонных лабораторий и учебных пособий.

В. И. Коваленков имеет огромный опыт преподавательской работы. В 1918 г. он был избран профессором акустики в Институте живого слова, в 1920 г. — профессором акустики в Институте искусств, в 1917 г. в Ленинградском электротехническом институте получил кафедру телефони, заведующим которой остается и до настоящего времени.

В 1937 г. В. И. Коваленков был избран председателем секции контактной автоматики при Комитете телемеханики и автоматике Академии наук СССР.

В. И. Коваленков имеет 21 том трудов по теории телеграфно-телефонной связи и большое количество журнальных статей.

Результаты инженерно-изобретательской деятельности В. И. Коваленкова выражаются в 76 патентах: на телефонные трансляции, межгараппараты, приборы по связи высокой частотой, катодные реле и усилители, говорящий кинематограф, радиотрансляции, трансляции для токов высокой частоты, телевидение, телефонные аппараты, сухие элементы и конденсаторы.

За выдающиеся заслуги в области укрепления обороноспособности нашей родины В. И. Коваленков награжден орденом Красная звезда.

Член-корреспондент Академии наук СССР Исаак Семенич Брук, доктор технических наук. И. С. Брук является крупным инженером и ученым, автором 22 исследовательских работ и шести изобретений. Важнейшие работы И. С. Брука касались теории электрических машин и энергосистем.

Им разработана теория асинхронного двигателя с массивным ротором, причем математически получено решение сложного вопроса о распределении плотности тока в теле массивного ротора и изучены характерные свойства двигателей этого типа.

Второе направление работ И. С. Брука касается синхронных машин. И. С. Бруком разработаны теория и метод расчета демпферных клеток и теория пуска в ход синхронных двигателей с выступающими полюсами, причем дан метод характеристик для практических расчетов.

В качестве начальника центральной заводской лаборатории ХЭТЗ им. Сталина И. С. Брук выполнил ряд работ научно-исследовательского характера, связанных с постройкой электрических машин новых типов, впервые изготовлявшихся заводом.

С 1935 г. И. С. Брук работает в Энергетическом институте им. Кржижановского Академии наук СССР. В институте И. С. Брук защитил докторскую диссертацию на тему о продольной компенсации линий электропередач. В этой работе он предложил новую идею компенсации линий электропередач, основанную на применении асинхронной машины с трехфазными коллекторными машинами в каскаде. Предварительная лабораторная проверка новой схемы указывает на ее фактическую пригодность.

Другой крупной работой, выполненной И. С. Бруком, явилась работа по расчету статической устойчивости сложных систем, где автором предложена обоснованная методология расчета и где учитывается влияние изменения частоты в системе и особенности характеристики нагрузки. В настоящее время в практической работе проектных организаций приняты основные выводы этой работы, имеющие важное значение для проектирования линий электропередач Куйбышевского гидроузла.

Следует отметить работу И. С. Брука по сооружению первой в Советском Союзе машины для интегрирования дифференциальных уравнений. Эта работа была поручена И. С. Бруку президиумом Академии наук. Не имея никаких чертежей, исключительно на основании скудных литературных данных в американских журналах, И. С. Брук самостоятельно разработал конструкцию, организовал производство и выполнил монтаж этой очень сложной специальной машины по механическому интегрированию сложных дифференциальных уравнений.

До настоящего времени во всем мире были построены только две такие машины — в Америке и Англии. Третья такая машина благодаря инициативе и энергии И. С. Брука теперь работает в нашем Союзе. В конструкцию этой машины И. С. Бруком внесены серьезные оригинальные улучшения, благодаря чему советская машина свободна от ряда недостатков, присущих американским машинам и заключающихся главным образом в явлениях самовозбуждающихся колебаний.

Член-корреспондент Академии наук СССР Михаил Полиевктович Костенко, доктор технических наук, профессор Ленинградского индустриального института. М. П. Костенко является крупным инженером и ученым в области электромашиностроения.

Его исследования рабочего процесса асинхронных двигателей, в частности, работа в области теории круговых диаграмм, широко известна у нас и за границей. М. П. Костенко много работал в области разработки теории и расчета коллекторных двигателей переменного тока и каскадных схем. Создание производства этих двигателей на заводе «Электросила» им. Кирова — в значительной мере результат консультативной работы М. П. Костенко.

Будучи шеф-электриком ХЭТЗ им. Сталина, М. П. Костенко

ным сериям электрических машин и по изучению работы синхронных машин при установившихся и неустановившихся режимах. Известны также исследования в вопросах коммутации, проведенные в свое время М. П. Костенко при создании единых серий электрических машин.

М. П. Костенко является автором ряда изобретений. Им была предложена идея импульсного генератора совместно с акад. П. Л. Капицей для получения сверхвысоких магнитных полей. Этот генератор, построенный в Англии, теперь находится в Институте физических проблем в Москве.

М. П. Костенко имеет также ряд изобретений в области коллекторных машин переменного тока. Им предложена система коллекторного альтернатора для приведения в движение асинхронного и синхронного двигателя с повышенной скоростью. Он является автором предложенной (совместно с проф. Р. А. Лютером) высоковольтной системы пенисирования асинхронного двигателя.

М. П. Костенко предложил метод косвенного испытания асинхронных двигателей на нагрев (эти изобретения были использованы на электромашиностроительных заводах). Его теория всеобщего трансформатора дает возможность объединить изучение всех типов электрических машин переменного тока. Его работы, посвященные теории коллекторных двигателей и турбогенераторов, пользуются широкой известностью.

М. П. Костенко является автором 34 научных трудов, часть которых широко известна за границей.

Член-корреспондент Академии наук СССР Алексей Яковлевич Лебедев, доктор технических наук, профессор Ленинградского индустриального института. А. Б. Лебедев является крупнейшим специалистом в области электрификации железных дорог. Это один из наиболее выдающихся учеников покойного проф. Вульфа, являвшегося основоположником теоретических работ в области электро тяги у нас в Союзе.

А. Б. Лебедев имеет свыше 20 печатных работ в области электро тяги. Особенно важна и в научном отношении интересна его работа по рекуперации энергии на железных дорогах.

А. Б. Лебедев неоднократно консультировал по вопросам электрификации ж.-д. транспорта в НКПС, и при непосредственном участии был разрешен ряд важнейших вопросов по электрификации наших железных дорог.

Член-корреспондент Академии наук СССР Валентин Павлович Вологдин, доктор технических наук, профессор. Главные работы В. П. Вологодина касаются вопросов высокочастотной техники, ионных приборов и применения высоких частот в промышленности. Работы В. П. Вологодина по машинам высокой частоты, начатые им в 1912 г., состояли в разработке ряда сложных вопросов в области механики и высокочастотной техники. Результатом их явилось создание машин высокой частоты в свое время единственных у нас в Советском Союзе. Эти машины применялись в течение 12 лет на Октябрьской радиостанции мощностью в 50 и 150 kW. Этими машинами была установлена и поддерживалась в свое время радиосвязь с Америкой. Хотя машины этого типа в настоящее время вытеснены (на радиостанциях) ламповыми генераторами, все же следует отметить, что к этим машинам интерес пока еще не утрачен в связи с возможностью применения таких машин для питания высокочастотных металлургических печей.

Следующий цикл работ В. П. Вологодина относится к исследованиям в области ионных приборов. Здесь В. П. Вологдиным была разработана теория работы высоковольтных ртутных выпрямителей, созданы типы и построены приборы, широко распространенные на мощных радиостанциях Советского Союза.

В результате работ В. П. Вологодина в области металлургических печей высокой частоты была создана система печи высокой частоты, изготовленная во многих экземплярах центральной радиолабораторией для заводов. Эта работа была также внедрена на заводе «Электриск», который изготавливает печи высокой частоты для нашей промышленности.

Помимо применения высоких частот для печи, В. П. Вологдиным предложена и разработана система высокочастотной закалки стали при помощи машинного генератора высокой частоты. Эта система В. П. Вологодина находит применение при закалке коленчатых валов, роторов и других изделий.

В. П. Вологдиным сделано большое количество исследований по электрификации железных дорог, по электро тяге, по электромашиностроению.

Е. СОЛОВЬЕВ и А. М. ФЕДОСЕЕВ. Релейная защита. Часть 1. Утверждено ГУУЗ НКТП в качестве учебного пособия для энергетических вузов. ГОНТИ, 1938. 559 стр. Цена 8 р. 75 к.¹

Необходимость в руководстве по релейной защите ощущается очень остро. В таком руководстве нуждаются не только студенты вузов, но и многочисленные инженеры энергосистем для самостоятельной переподготовки. Известно, что именно релейная защита, являвшаяся объектом вредительской деятельности врагов народа в энергетике СССР, представляет пока одно из наиболее темных мест на пути к достижению бесперебойной и безаварийной работы энергосистем. Поэтому книга должна быть не только учебником, но и наставлением к действию. Она должна на основе теории помочь критически оценить существующую практику и определить пути улучшения наших энергосистем высококачественной релейной защитой с учетом новейшей аппаратуры.

Авторы книги, ведущим инженерам Теплоэлектроцентраля, которому принадлежит большая роль в области совершенствования релейной защиты, такая задача вполне по силам, и в соответствии с этой задачей находятся и общий план и объем работы.

Рецензируемая книга представляет только первую часть большого труда и посвящена вопросам защиты линий электропередач. Авторы обещают выпустить вторую часть, в которой они рассмотрят релейную защиту генераторов, трансформаторов и двигателей, а также эксплуатацию защиты.

В вводных главах авторы определяют назначение защиты, основные виды повреждений сетей, описывают основные принципы действия реле и излагают сведения об измерительных трансформаторах и схемах их соединений.

Общее направление вступительных глав выбрано правильно, но содержание, объем и расположение материала вызывают возражения. Предъявляя, и вполне правильно, высокие требования к читателю (например в отношении знания и умения пользоваться методом симметричных составляющих), авторы почему-то предполагают отсутствие этих знаний по элементарным вопросам: доказываются, например, на нескольких страницах пропорциональность индукции магнита квадрату магнитной индукции; кратко описываются принципы работы измерительных приборов, с которыми студент знаком по курсу «Электрические измерения», и т. д.

С другой стороны, ряд более сложных явлений и конструкций остался неразобраным. Например, картина работы реле со сложным магнитопроводом (стр. 119) освещена недостаточно. Остаются невыясненными и пути магнитных потоков и характер их взаимодействия.

Далее главы о реле чередуются с главами об их применении, что ведет к частым повторениям, к растянутости и нарушает цельность, стройность и единство изложения. Например, после изложения основных принципов действия реле в главе третьей, на стр. 83, авторы возвращаются к реле только в главе седьмой, на стр. 274. На протяжении от третьей до седьмой главы материал этой главы нигде не используется. Снова вопрос о конструкции реле трактуется в главе восьмой, и снова в значительной степени повторяется глава третья.

Многочисленные повторения наряду с излишней сжатостью (а иногда вследствие этого — неясностью) в изложении нужных вопросов, непосредственно относящихся к теме книги, являются одним из самых существенных недостатков работы.

Издание книги, в котором рассматриваются вопросы защиты сетей, в целом изложен хорошо. Правильно и четко сформулированы требования к защите, технически обосновано и подробно разобран ряд схем защит и конструкций реле, выяснены условия работы и возможности нежелательного действия в тех или других случаях.

Однако книга по нашему мнению страдает расплывчатостью в определении основных направлений развития релейной защиты.

Возьмем, например, такое требование, как повышение быстродействия релейных защит. Следовало бы на протяжении всей книги (а не только во вступлении) пропегандировать уменьшение времени действия защиты, подчеркивая всякую возможность сокращения времени действия обычных защит, а затем настоятельно рекомендуя специальные быстродействующие защиты.

Такой линии в учебнике не проведено.

Для максимальной токовой защиты авторы определяют наименьшую ступень выдержки времени в 0,55 сек, исходя из собственного времени выключателя 110 кВ, затем округляют эту величину до 0,6 сек, а в практических примерах выбирают обычно принятую у нас ступень в 0,7 сек даже в сетях 6—11 кВ, где собственное время выключателей меньше, чем при 110 кВ. Между тем, если принять методику авторов, но учесть гарантируемую заводом величину собственного времени производителей 6 и 11 кВ, величину ступени уже теперь можно было бы снизить до 0,4 сек, имея в виду, что ошибка реле времени в 0,1 сек оправдана. Значение этой последней ошибки и зависимость ее от конструкции реле времени не освещены авторами. Вместе с тем остаются не освещенными возможность и значение снижения ступени с 0,7 до 0,4 сек в наших сетях 6 и 11 кВ.

Правильно указывая на недостаточное быстродействие и селективность дистанционной защиты вообще, авторы рекомендуют ограничить область ее применения и допускать ее только в тех случаях, когда замена ее другими защитами невозможна. Мы считаем, что в условиях дефицита проводов, требующихся для дифференциальных защит линий, и при небольшом размере производства высококачественных защит, рецензируемая книга недооценивает дистанционную защиту. Этот тип защиты, несомненно, должен уступить свое место быстродействующим защитах на магистральных линиях крупных энергосистем, но в то же время должен все шире и шире применяться для замены максимальной ступенчатой защиты на ряде второстепенных, и особенно радиальных, одиночных линий. Не следует забывать, что этот тип линий является пока преобладающим.

Очень неопределенно относятся авторы к направленной защите с блокировкой токами высокой частоты. Нам представляется, что этот вид защиты должен явиться основным для магистральных линий мощных энергосистем. Между тем ее описание отведено всего 12 страниц, из которых более половины уделено изложению принципа работы электронной лампы. В результате не только не освещено перспектив применения этой защиты, ее значения, ее ценных свойств, но и самый принцип действия защиты и возможные варианты выполнения недостаточно разобраны.

Авторы рекомендуют при выборе защиты «проверять с точки зрения экономичности целесообразность применения быстродействующих защит» (стр. 305), но методики такой проверки они не установили и не дали ни одного конкретного примера. Следует сказать, что в книге вообще не преподан метод выбора защиты. Подробно перечислены требования к защите и описаны существующие виды защиты, но не показано, как применить эти виды защит для удовлетворения поставленных требований. Авторы не дали ни одного конкретного примера защиты сети в целом, где пришлось бы комбинировать разные типы защит, и не показали, как можно оценить такой проект, определив процент правильных действий защиты.

В изложении имеются также методические упущения. Например, ток трогания максимально токовой защиты авторы определяют, исходя из «максимального тока нагрузки» (стр. 298), коэффициента возврата и коэффициента надежности. Понятия «максимального тока нагрузки» авторы не расшифровывают. В разбираемом примере (стр. 305) авторы без объяснений заменяют его номинальным током, в другом же примере (стр. 527) — рабочим

током, а в третьем месте (стр. 324) — суммой номинальных токов присоединенных к линии трансформаторов. Нам кажется, что вместо «максимального тока нагрузки» следовало бы ввести понятие «номинального тока защищаемой зоны», определяя последний по номинальному току наиболее слабого звена зоны (провод линии, трансформатор тока, разъединитель и т. д.).

Также остается недостаточно выясненной природа коэффициента надежности. Такой коэффициент может вводиться, если не вполне известны или непостоянны свойства материала или аппарата или изменены условия работы. В данном случае неясно, учитывает ли этот коэффициент разброс реле или допустимое превышение тока или и то и другое. Неясно, почему величина его взята в 1,25 и почему эта величина для всех объектов остается постоянной.

Нельзя также согласиться с тем, чтобы окончательный выбор тока трогания зависел только от свойств реле, т. е. от коэффициента возврата, а не от характера защищаемого объекта. Ведь тип реле можно заменить и следовало бы на примере показать, что бывают случаи, когда приходится браковать реле и заменять его другим, чтобы удовлетворить требованиям защиты от перегрузки. Необходимость защиты от перегрузки для линий авторы убедительно доказывают на стр. 271 и 272, но способы удовлетворения этого требования нигде в книге не описаны.

Язык книги несколько тяжел. Терминология не везде

установившаяся. Например, вместо термина «сети с земленной нулевой точкой» или «с изолированной нулевой точкой» авторы на стр. 319 пишут «изолированные сети», «наглухо заземленные сети»; вместо принятого ОСТ термина «уставка реле» применяется «установка реле» (стр. 319) и т. д.

Большим недостатком является отсутствие в книге списка литературы как использованной авторами, так и рекомендуемой.

В результате от книги остается впечатление некоторой рыхлости и неряшливости. Это впечатление усиливается плохой бумагой и небрежной брошюровкой книги.

Однако, несмотря на указанные недостатки, порой довольно крупные, появление книги следует расценивать как положительное явление. Книга, правда, не могла явиться учебником для вузов, она должна была скорее носить название «материалов по релейной защите». Но эти материалы в большинстве высокого качества, особенно в части описания конструкций, свойств и схем реле, и для преподавателей и студентов книга может явиться ценным пособием.

Конечно, каждый преподаватель должен будет осветить этот материал под углом зрения современных требований к построению защиты сети, и, рассматривая последние как единое целое, должен научить пользоваться материалом книги. Нужно надеяться, что к следующему изданию (оно должно появиться возможно скорее) авторы превратят книгу в высококачественный учебник.

П. Г. Грудинский

ЗАВАЛИШИН Д. А. Машины постоянного тока. ОНТИ. Главн. ред. энергетической л-ры. Л.—1938. 5000. Цена 3 р. 75 к.¹

Теория машин постоянного тока является тем разделом электромашиностроения, которому посвящено большое количество научных исследований. Вместе с тем задача создания учебника по курсу машин постоянного тока для советских вузов, отвечающего высоким требованиям, представляет собой значительные трудности. Объясняется это наличием группы вопросов, не получивших еще своего полного теоретического разрешения.

Задачей учебного руководства является ознакомление формирующегося молодого специалиста с проверенными практикой методами решения основных задач, развитием у него широкого кругозора наряду с глубоким пониманием наиболее практически оправдываемых взглядов и трактовок существа тех процессов, какие еще не имеют своего полного всестороннего и законченного теоретического анализа. Помимо использования классических трудов иностранной литературы, современный учебник должен базироваться на опыте советского электромашиностроения, накопленном в период сталинских пятилеток, оформленном продукцией наших заводов и рядом научных работ, опубликованных в нашей периодической печати.

Анализ приведенного в рецензируемой книге материала дает все основания считать, что автор справился со своей задачей. В небольшом относительно объеме книги, находящемся в соответствии с современным институтским курсом, даны все необходимые сведения, обеспечивающие создание солидной базы в области освоения сложного комплекса процессов и явлений, охватываемых теорией машин постоянного тока. Автор удачно сочетал изложение электромагнитных принципов работы машин с описанием конструктивного оформления деталей.

На высоком методологическом уровне находится также изложение столь сложного раздела, как коммутация в машинах постоянного тока.

Наряду с большим вниманием к крупным принципам и вопросам автор не оставляет в стороне и отдельные, на первый взгляд «мелкие» обстоятельства, организационно связанные с рабочим процессом машины. В качестве примера может быть приведена фиксация внимания читателя на вопросе о порядке соединения обмоток возбуждения с зажимами якоря и зависимости рабочей схемы внутренних соединений машины с направлением вращения.

Имеются в книге и некоторые недочеты. Несколько странной кажется рекомендация автора о пользовании экспериментальной кривой k_z для учета реакции якоря при построении рабочих характеристик машины без ответственности оговорок.

Не указывает автор и на связь результатов опыта с положением щеток машины, с компаундирующим действием катушек дополнительных полюсов, равно как с весьма часто имеющим место компаундирующим эффектом внутренних рабочих соединений в схемах компаундных обмоток и т. п.

Несколько сжато изложена глава о нагревании и охлаждении машин постоянного тока. Хотя этот раздел снабжен вводной частью, четко формулирующей постановку основных вопросов, самое изложение материала дано в несколько общей и упрощенной форме. Нет пример, указаний на то, к каким именно частям машин относятся разбираемые температурные кривые. Будут ли вообще идентичны или режим работы машины конструктивное исполнение обусловят их изменения. Зался несвязанным с этой главой раздел о современных тенденциях и конструктивном оформлении систем охлаждения машин постоянного тока. Нет указаний на влияние потерь в одних частях машины, вызывающих нагревание ее частей.

Отмеченные недостатки лишь незначительно влияют на общую положительную оценку книги, стоящей на высоком научном и методологическом уровне разрешения поставленных перед ней задач.

Г. И. Штутман

¹ По материалам библиографического сектора Государственной научной библиотеки.

ВАЙНЕР А. Л. Заземления. Харьков. Научно-техн. изд-во Украины, 1938, 287 стр., 5000, цена 6 р. 25 к.¹

Книга инж. А. Л. Вайнер касается весьма актуальных вопросов, относящихся к проектированию и эксплуатации заземлений в установках как высокого, так и низкого напряжения.

Вопросы заземлений уже много лет исследуются теоретически и экспериментально и обсуждаются на разного рода конференциях, в комиссиях, а также в специальной печати. Тем не менее во многих областях они еще окончательно не разрешены.

Вопросы эти могут быть разделены на две категории: а) чисто технические вопросы, к которым принадлежат вопросы распространения электрического тока в земле, определение электропроводности различного рода почв, распределение потенциала вокруг заземлителей, установление всякого рода коэффициентов, необходимых при проектировании, и т. п. и б) вопросы установления исходных, наиболее неблагоприятных условий, на которые должны быть рассчитаны заземления, иначе говоря, установление требований к заземляющим устройствам, обеспечивающих безопасность обслуживающего персонала при соблюдении разумной экономии средств.

В отношении вопросов первой категории за последние годы и в Советском Союзе и за границей сделано немало. Автор рецензируемой книги, ведущий исследовательскую работу в области заземлений, широко использовал все новые материалы, изложил их в систематической форме и в значительной части обеспечил возможность их использования проектировщиками.

Значительно беднее содержание книги в отношении разрешения вопросов второй категории, являющихся источником разногласий в течение ряда лет. Между тем терминология спорных вопросов широко известна (расчетные величины токов замыкания на землю, выбор сечений заземляющих проводов, проектирование эксплуатационных заземлений нейтрали в установках низкого напряжения и некоторые другие). Поскольку утвержденных правил для устройства заземлений пока не существует, автору следовало подобные вопросы рассмотреть по существу, а не ограничиваться лишь ссылками на существующие проекты правил.

Книга содержит 20 печатных листов из 12 глав, из которых три главы посвящены вопросам распространения тока в земле, по две главы — заземления и «зануления» в установках низкого напряжения, а также расчету конструированию заземлений и по одной главе — вопросам термической устойчивости заземлений, поведению

заземлений при импульсных токах, характеристикам аварийных режимов в различных электрических системах, заземлениям на линиях передачи энергии, методике и технике измерений. Наиболее оригинальной является глава «Термическая устойчивость заземлителей», в которой приведенным автором экспериментам противопоставляется произведенный Оллендорфом теоретический анализ этого вопроса.

Книга ставит себе целью служить руководством для широких кругов проектных и эксплуатационных инженеров. В общем автор с этой трудной задачей в значительной степени справился: в его книге содержится много сведений практического характера, приведено большое число необходимых для проектирования формул.

Менее удачным является изложение автором теории Оллендорфа в объеме, необходимом для вывода формул. Автору не удалось популяризовать эту теорию, которая трудно усваивается даже в подробном изложении. Поэтому вряд ли она в достаточной степени «дойдет» до читателя.

В книге уделено значительное внимание защитным и эксплуатационным заземлениям в установках низкого напряжения. Эта область, повидимому, менее близка автору, чем заземления в установках высокого напряжения. Поэтому материалы, относящиеся к установкам низкого напряжения, не всегда изложены с надлежащим учетом эксплуатационных условий.

Так например, при анализе условий безопасности в сетях низкого напряжения слишком большое значение придается фактору разветвленности сети (сопротивление изоляции в малоразветвленной сети при неблагоприятных условиях эксплуатации может оказаться значительно меньше, чем в разветвленной): при сравнении заземления и «зануления» не отнесено основное достоинство системы «зануления»: автоматическая самоочистка сети от всякого рода повреждений изоляции; следовало бы, кроме того, при сравнении степени безопасности систем с изолированной и заземленной нейтрально дать более четкие выводы; системы напряжения 500 В с заземленной нейтрально никогда не применяются, поэтому рассмотренный автором пример, относящийся к этой системе (стр. 174), вызывает недоумение.

Труду инж. Вайнер можно дать вполне положительную оценку и выразить пожелание, чтобы в последующем издании были устранены отмеченные выше недочеты.

Книга написана хорошим языком; терминология не встречает возражений.

Л. П. Подольский

НОВЫЕ КНИГИ

Асинхронный двигатель в аномальных режимах. Соавт. проф. А. Я. Бергер, доц. Л. Н. Грузов, инж. А. С. Козлов и др. Под общ. ред. проф. А. Я. Бергера. Л., изд. ВЭТА, 1938, 247 стр. с черт., ц. 7 руб., перепл. 1 р. 25 к.

ТАЛКИН Ю. М., инж. Электрические аккумуляторные автомобили (электромобили). М.—Л., Изд-во Наркомхоза СССР, 1938, 159 стр. с иллюстр., ц. 5 руб.

ТЕМКЕ Д. Г. Неисправности электрических машин. Изд. Л.—М., Главн. ред. энергетической лит-ры, 1938, стр. с черт., ц. 3 руб., перепл. 1 руб.

ЛЕССКИЙ А. М., проф. Техника высокого напряжения. Ч. 2. Л., Изд-во ВЭТА, 1938, 159 стр. с черт., ц. 10 руб.

ОРОЛЕНКО Н. К., инж. Электрическое оборудование механических цехов. М.—Л., Ред. лит-ры по черной и цветной металлургии, 1938, 79 стр. с иллюстр., ц. 1 р. 60 к.
ПНИЦКИЙ Н. П. Электрооборудование прокатных и механических цехов. Утверждено ГУУЗ НКТП в качестве

учебного пособия для металлургических вузов. М.—Л., ред. лит-ры по черной и цветной металлургии, 1938, 380 стр. с иллюстр., ц. 9 р. 75 к., перепл. 1 р. 50 к.

МИТКЕВИЧ В. Ф., акад. Электрическая энергия. Как она добывается, как она передается, как она потребляется. М.—Л., Изд-во Академии наук СССР, 1938, 296 стр. с иллюстр., ц. 2 руб.

СОТСКОВ Б. С. Элементы телемеханической и автоматической аппаратуры. Ч. 1. Реле. Утверждено ГУУЗ НКТП в качестве учебника для вузов НКТП. М.—Л., Оборонгиз, 1938, 436 стр. с черт., ц. 9 руб., перепл. 2 руб.

Стахановцы электростанций Ленинграда о своей работе. Сборник статей. Л.—М., ГОНТИ, 1938, 101 стр. с иллюстр., ц. 1 р. 30 к.

ЮРЬЕВ В. И. Заводская электротехника. Л.—М., Главн. ред. энергетической лит-ры, 1938, 840 стр. с иллюстр., ц. 5 р. 25 к., перепл. 75 коп.

Удары молнии в Empire State Building Mc. Eachron. *El. Eng. № 12, 1938, стр. 493.*

В статье сообщаются результаты осциллографических и фотографических исследований, проведенных в течение четырех грозовых сезонов над молниями, ударившими в Empire State Building (в Нью-Йорке).

Наиболее существенные результаты исследований сводятся к следующему:

1. Были сфотографированы поднимающиеся вверх от здания ступенчатые лидеры, возбуждающие непрерывные молнии, и определены их скорости.

Под непрерывной молнией имеется в виду дуга постоянного тока между тучей и зданием с наложенными на нее пиками или без них, продолжающаяся, как показали измерения, вплоть до 0,4 и больше сек. Если ток прекращается полностью на время 0,02 или больше секунд, а затем имеет место новый разряд по тому же пути, разряд называется многократным (multiple). Скорости вверхрастущего лидера колеблются в пределах от 0,05 до 0,6 м/мsec при средней величине 0,25 м/мsec.

2. Токи, измеренные во время образования вверхрастущих лидеров, колеблются в пределах от 50 до 650 А.

3. Разветвления идут в направлении хода начального лидера.

4. Около 50% разрядов имели заряд 35 или больше С при максимуме 164 С. Эта величина в 8 раз превышает величину, предполагавшуюся возможной.

Следует отметить, что это утверждение автора неверно, ибо, как известно из литературы, еще Кольрауш на основании своих измерений оценивал максимальное количество электричества, протекающее при разряде, равном 270 С. По данным Матиасса в молнии нейтрализуется до 100 С.

5. Все разряды в здание произошли при отрицательных тучах. Три молнии изменили полярность в конце разряда. Около 3% всех измеренных зарядов были связаны с положительными частями молний.

6. Идущие вниз ступенчатые лидеры наблюдались лишь в одном разряде и имели скорость 4,2 м/мsec. Молния, ударившая в здание высотой 60 м, имела внизидущий ступенчатый лидер со скоростью 1,5 м/мsec.

7. Лидеры всех импульсов (разрядов) после первого всегда направлены вниз независимо от направления развития первого лидера. Такие внизрастущие лидеры имеют скорости прорастания в пределах от 0,57 до 38 м/мsec при средней величине 11,7 м/мsec.

8. Скорость обратного канала, следующего за первым ступенчатым внизрастущим лидером, в двух зарегистрированных случаях колеблется в пределах от 100 до 45 м/мsec, в то время как скорости главных каналов, следующих непрерывными лидерами, колебались от 30 до 85 м/мsec средней скоростью 60 м/мsec.

9. Все зарегистрированные разряды за исключением одного либо ударили в наиболее возвышенную точку здания или попадали вне конуса, радиус основания которого у земли был равен высоте здания.

Один разряд ударил на 5 м ниже верхушки антенны, фотграфия другого из названных двух разрядов дана на С. Молния поразила также не самую верхнюю часть здания. К сожалению, Мак Ичрон не сообщает ника их сведений о высоте туч при этих разрядах, что в значительной мере обесценивает эту часть материалов.

Здание Empire State Building представляет собой стальную конструкцию, завершающуюся металлической башней, высота которой над улицей равна 1250 фут (380 м). На крыше возвышается антенная система Национальной радиокорпорации, применяемая для телевидения. Приблизительно в середине конструкции расположена антенна, которая поднимается в виде треугольной системы и кончается на высоте 8,4 м от крыши сооружения. На 3,5 м ниже 1 1/2 дюймовая труба входит в 5" (внутренний диаметр) латунную трубу, будучи изолирована от последней соответствующими изоляторами. Антенна присоединялась к неиндуктивному шунту (имеющему сопротивление 0,03 Ом), являющемуся частью шунта, который использовался для осциллографов катодных и крaterной лампы.

Для измерений применялись: катодный осциллограф, осциллограф с крaterной лампой, ферромагнитные регистры и фотокамеры.

Крaterный осциллограф регистрировал на фильме, движущемся со скоростью 0,9" в 0,01 сек. Запаздывание между его равнялось 20 мсек. Общее время регистрации было 1 сек и больше.

Применявшийся для обоих осциллографов шунт представлял собой комбинацию постоянного сопротивления (0,03 С) с тиритовым сопротивлением. Благодаря такой комбинации сопротивлений крaterным осциллографом могли регистрироваться токи в пределах от 20 до 24 000 А, а катодным осциллографом — в пределах от 1 до 200 кА.

Параллельные исследования велись в специально оборудованной обсерватории в Питсфилде над молниями, порождающими окрестности. Результаты исследований этой лаборатории в статье не приводятся, однако автор пишет, что в обобщаемых результатах учитывается опыт этой лаборатории.

Число ударов молнии в здание и полученные при этом регистрации сведены в таблицу.

Непрерывные разряды не являлись следствием ударов только в высоту здания, как это подтвердили питсфилдские наблюдения. Автор полагает, что затягивание вытекания тока из тучи обусловлено их структурой и именно малым проводящим характером объемов туч. Пики тока являются, по видимому, результатом проникновения разрядов в более области тучи, отделенные друг от друга изолирующими слоями. По мнению автора роль проводимости земли в образовании непрерывных разрядов не существенна. Внизидущие лидеры ступенчатые или непрерывные всегда сопровождают обратным разрядом, образующимся от земли по существующему каналу. При вхождении в ступенчатом лидере обратный канал как таковых не найдено — растущий стример встречает либо внизидущий лидер либо стример.

Максимальная длительность разряда, зарегистрированная автором, — 1,53 сек, полагает, что это значительно более длительный из всех зарегистрированных бы то ни было разрядов.

Получить регистрации катодным осциллографом не удалось.

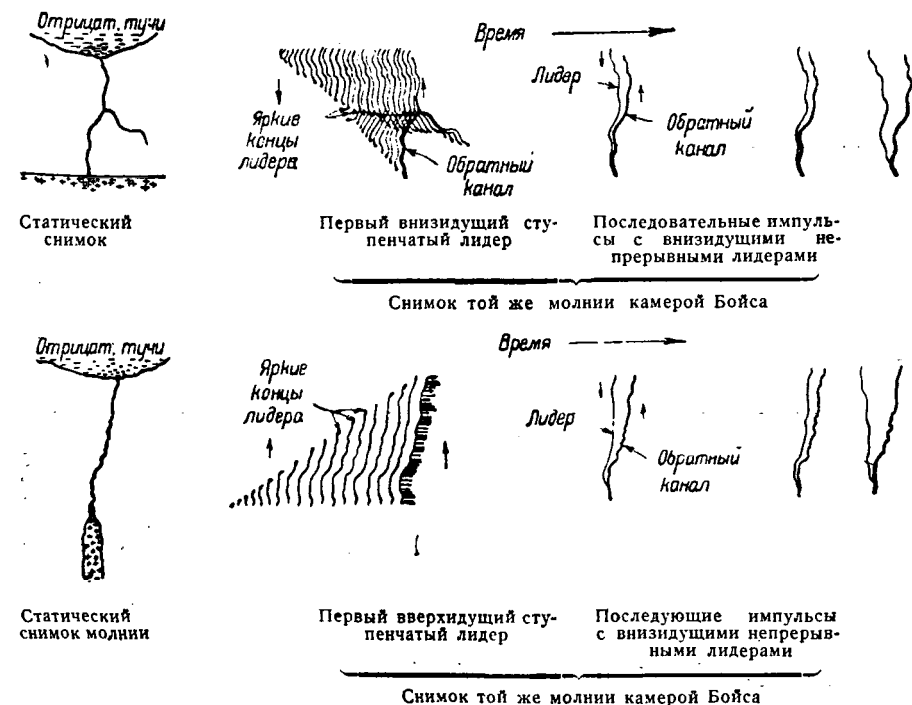


Рис. 1. Схематическая диаграмма, показывающая разряд от отрицательной тучи к ровной почве (вверху) и высокой конструкции (внизу). Несколько внизидущих ступенчатых лидеров были наблюдаемы в здании Empire State Building.

Таблица 1

Год	Количество гроз	Удары в здание	Осциллограммы		Фотографии, сделанные камерой			Ферромагнитные регистраторы
			Днем	Ночью	Быстрой	Средней	Медленной	
1935	27	5	—	—	—	—	3	2
1936	26	22	—	—	5	—	16	2
1937	28	41	9	18	13	26	26	7

Один оборот в секунду — в 1935—1936 г.г. $\frac{1}{4}$ оборота в секунду в 1937 г.
 Два оборота в секунду — в 1937 г.

Здесь нужно отметить, однако, что в 1937 г. в звенигородской лаборатории был зарегистрирован разряд длительностью 12 sec, а в 1938 г. в Бакурианской экспедиции записан разряд длительностью 1,55 sec. 50% разрядов имели длительность около 0,4 sec.

Из 55 изученных за три года ферромагнитными регистраторами разрядов не было ни одного, начавшегося из положительного центра. В ряде случаев, однако, имело место изменение полярности во время разрядов.

Автор полагает, что удары в здание из положительной тучи вряд ли вообще имеют место. В связи с этим можно сказать, что по исследованиям, проведенным в СССР среди молний, поразивших молниеотводы, по высоте превышавшие Empire State Building, были отмечены положительные разряды.

Благодаря ограниченности поля зрения нет данных о спускающемся навстречу лидеру, идущему от здания, ступенчатом лидере. Всем последующим разрядам, идущим по первоначальному разряду, предшествует непрерывный внизидущий лидер. На рис 1 в схематическом виде показаны ожидаемые типы разрядов и их лидерные процессы в случае поражения земли и весьма высокого здания.

Так как при отрицательной туче наблюдался рост лидера от здания вверх и к зданию вниз, можно заключить, что направление развития начального лидера не зависит от полярности, а в основном определяется конфигурацией двух электродов.

Амплитуды измеренных токов колебались в пределах от 75 до 156 kA.

Фотографии показывают, что когда путь разряда определяется вверхрастущим лидером, молния, повидимому, начинается с наиболее высокой точки. Однако при внизидущем лидере лучший путь не определяется кратчайшим расстоянием, и преимущество одного пути по сравнению с другим может сказаться даже во время одного многократного разряда.

В числе фотографий были сделаны снимки двух идущих от здания вверх стримеров, которые не повели к разряду. Один имел длину около 100 м.

Интересны данные, сообщаемые автором в связи с образованием грома.

Инженер, работавший в 1935 г. с камерой, сообщил, что не слышал грома при двух ударах молнии в здание. На основании других исследований упоминается, что в 1885 г. молния ударила в Вашингтонский монумент без заметного грома. Дополним, что согласно описанию, приведенному в американском нормативном сборнике по грозозащите (1937 г.), монумент было 5 мощных разрядов без грома. В свете современных знаний можно полагать, что молния без обычного грома происходит от вверхидущего стримера небольшого размера, сопровождаемой непрерывным разрядом без крутых токов. Во многих случаях, зарегистрированных в 1936—1937 г. шум камеры Бойса делал слышимость грома неудовлетворительной.

Аналогичные наблюдения о слабом грома, сопровождаемых сильными близкими разрядами, а также о разрядах, происшедших без слышимого грома, были сделаны во время экспериментальных работ в Звенигороде и Бакуриани.

В конце статьи автор приводит описание картины грозового разряда. Для случая молнии, развивавшейся сверху, механизм разряда уже известен в нашей литературе. Физическое описание разрядов, которые вызывались вверхрастущим лидером, не дается.

К сожалению, автор также не касается вопросов, связанных с влиянием протекающих по каркасу здания токов молнии на внутреннее оборудование здания.

И. С. Стекольников

Eachron. Многократный удар молнии. *El. Eng.*, сентябрь 1938, стр. 511-512

Многократный удар молнии называется ряд ударов молний, следующих друг за другом через короткие промежутки времени, преимущественно по одному и тому же пути. Автор занимался изучением молний в различных местностях и различными методами: во-первых, детальным изучением ударов молнии в «Empire state» — небоскреб в Нью-Йорке, во-вторых, фотографическим методом в специальной лаборатории в Питсфилде и, в-третьих, регистрированием посредством осциллографа с кратерной лампой перекрытий на линиях 132 kV Roanoke Glenlyn и Roanoke Danville, вызываемых многократным ударом молнии. Реферируемая статья ограничивается обзором результатов в Roanoke за четыре грозовых сезона, начиная с 1934 г.

Вследствие того что на всех опорах обеих линий установлены трубчатые разрядники, каждое перекрытие вызывает последующий ток рабочей частоты в течение полупериода. Поэтому повторные разряды, если они произошли в течение одного полупериода, естественно, не могут быть зарегистрированы этим методом.

Осциллограф был установлен и присоединен для измерения токов замыкания на землю в трех фазах цепи № 1 двухцепной линии Roanoke Glenlyn и в двух фазах (1 и 2) линии Roanoke Danville. Шестой шлейф измерял напряжение на фазе 1 относительно земли последней линии. При анализе полученных 295 записей следует принять во внимание, что вследствие связи линий на шинах в Roanoke короткое на одной из них вызовет подпитку и с другой. Предполагается, однако, что вряд ли одновременно произойдет удар в обе линии. Если бы и такой удар произошел, то его выявить не удалось бы.

Вторая линия на Glenlyn была без трубчатых разрядников и ее поведение изучалось осциллографом типа PM-13.

Всего было зарегистрировано 184 удара, из которых 52 были многократные, вызвавшие 176 отдельных разрядов, и 132 удара — однократные. Из 69 грозовых дней в 39 днях было 73 однократных удара, в 24 днях было 59 однократных и 42 многократных удара, и только в 6 днях было 10 многократных ударов, без однократных.

Сводка полученных данных приведена на рис. 1, где каждый многократный удар нанесен на шкалу времени в периодах между разрядами (60 Hz). Наибольшая длительность многократного удара составляла 40 периодов и была получена еще в 1934 г. На рис. 2 данные перестроены в виде зависимости числа последовательных разрядов (из 100), происходящих через определенный промежуток времени. Наибольший промежуток составлял 28 периодов.

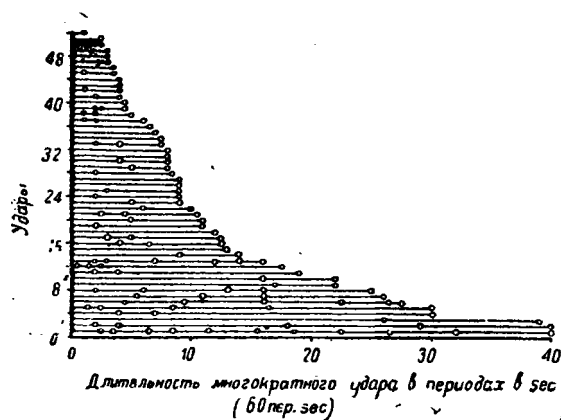


Рис. 1. Распределение многократных ударов по длительности

Исследование ясно показало, что в линию передачи могут попадать многократные удары молнии.

Наибольшее число разрядов в одном ударе — 12 шт., наибольшая длительность — 0,66 sec (40 периодов), наименьшая — 0,0005 sec. Наибольшее число перекрытых фаз имело положительную полуолну, что указывает на относительно низком уровне изоляции число последовательных

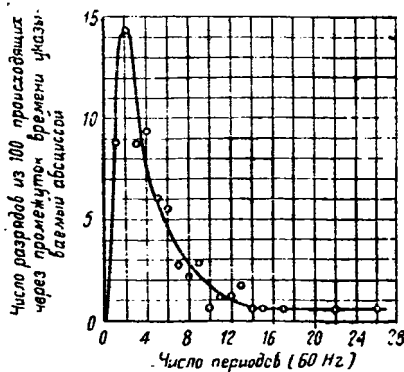


Рис. 2. Промежуток времени между разрядами многократного удара молнии

разрядов было бы найдено большим, так как в данном случае, вследствие относительно высокой изоляции линий 132 kV и наличия троса, некоторое число ударов молнии, вероятно, не вызвало перекрытия.

Реферируемое исследование тем более интересно, что показывает число многократных ударов с силой тока, достаточной для работы трубчатого разрядника на линиях 132 kV, имеющих защитный трос.

Е. В. Калинин

Вспомогательное устройство для регистрации аварий самописцами и осциллографами. *Siemens Zeitschrift* № 8, 1938, стр. 393—7.

При регистрации аварийных режимов в энергосистемах большую ценность представляет запись первых периодов аварий. Использование самописцев для регистрации и анализа аварийных процессов возможно, если в них предусмотрен перевод скоростей бумаги с 10—20 mm в час до 10—20 mm в секунду. Для переключения требуется около 100—120 m/sec. В автоматических шлейфных осциллографах, как известно, запаздывание составляет от 10 до 20 m/sec.

Чтобы регистрировать аварийный режим с момента возникновения аварии, применяется схема с рядом последовательно включаемых контуров из дросселей и конденсаторов, причем для самописцев ток или напряжение предварительно понижается и выпрямляется схемой Гретца. Время прохождения тока через каждый контур обратно пропорционально угловой частоте контура. Шести таких контуров оказывается достаточным, чтобы к измерительному прибору измеряемый ток приходил с запаздыванием до 150 m/sec, — время, которое перекрывает все пусковые задержки самописца. Для регистрации напряжения или тока во всех трех фазах необходимо иметь три вспомогательных устройства, подключаемых между понижающими трансформаторами и регистраторами. Ряд записанных кривых, приведенных в статье, показывает удовлетворительную запись подобным устройством, названным мемнографом.

Применение схемы для регистрации автоматическими шлейфными осциллографами вынуждает ставить до 40 уменьшенных контуров, так как в данном случае требуется неискаженная передача до нескольких сот герц, а время прохождения каждого контура будет поэтому значительно меньше.

К. А. Устинов

C. F. Wagner. Перенапряжение на гидрогенераторах. *Electrical Journal*, август—сентябрь, 1938.

Непредвиденные повреждения разрядников и изоляторов некоторых гидроэлектрических станций привели к математическому и экспериментальному исследованию этих явлений. Было обнаружено, что в случае несимметричного к. з., на неповрежденных фазах слабо нагруженных длинных линий, питаемых гидрогенераторами, возникают опасные высокие напряжения. Эти перенапряжения, не имея характера блуждающих волн, являются напряжениями основной частоты с наложенными на них высшими гармониками и могут поддерживать. Так как пробивные напря-

жения разрядников и изоляторов при низких частотах значительно меньше, чем при условиях импульса, то это явление для последних является особо опасным.

Основной причиной этих перенапряжений является незначительность реактансов гидрогенераторов в продольных и поперечных осях и отсутствие демпферных обмоток.

Схему цепи генератора с приключенной к его зажимам группой трехфазных емкостей при мгновенном двухполюсном к. з. можно представить эквивалентной цепью рис. 1.

Приложенное напряжение к зажимам цепи рис. 1 при разложении может быть представлено как сумма серий чётных и нечётных гармоник:

$$e = -3I_d k [\sin \theta + 3b \sin 3\theta + 5b^3 \sin 5\theta + \dots] + 3I_d \sin \alpha [2b \cos 2\theta + 4b^2 \cos 4\theta + \dots],$$

где I_d — ток возбуждения до к. з.;

$$b = \frac{\sqrt{\frac{X_q}{X_d}} - 1}{\sqrt{\frac{X_q}{X_d}} + 1} \quad \text{и} \quad k = \frac{\sqrt{\frac{X_q}{X_d}}}{\sqrt{\frac{X_q}{X_d}} + 1}.$$

$\theta = \omega t + \alpha$ — угол, образуемый продольной осью ротора с рассматриваемой фазой. Это есть как раз значение напряжения неповрежденной фазы (по отношению к точке к. з.) при внезапном двухполюсном к. з. и при отсутствии емкостей.

Функция чётных гармоник уменьшается до своего установившегося значения с постоянной времени поля возбуждения. Поэтому в течение первых нескольких периодов значения составляющих нечётных гармоник можно считать постоянными. Составляющие серии чётных гармоник зависят от момента к. з., количественно выражаемого вышеприведенной формулой, и связаны с постоянной времени статора.

Напряжение на зажимах емкости зависит от величины и в особенности от влияния X_c на резонансные условия. Если X_c таково, что условия резонанса близки для нечётных гармоник, то достаточно одного или двух циклов, чтобы появился окончательный резонанс. Когда условия резонанса далеки, то перенапряжения от нечётных гармоник незначительны.

Если условия резонанса близки для чётных гармоник, то благодаря их быстрому затуханию максимум напряжения не доживает до первого же цикла. Эти положения хорошо подтверждаются приводимыми осциллограммами испытаний.

Для того чтобы показать влияние искажений формы волны на величину перенапряжения, на рис. 2 приведены максимальные значения напряжения как функция $\frac{X_c}{\sqrt{X_q X_d}}$ за

12 циклов, составленные по данным осциллограмм, снятым

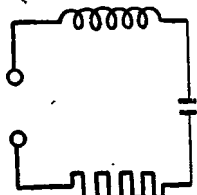


Рис. 1

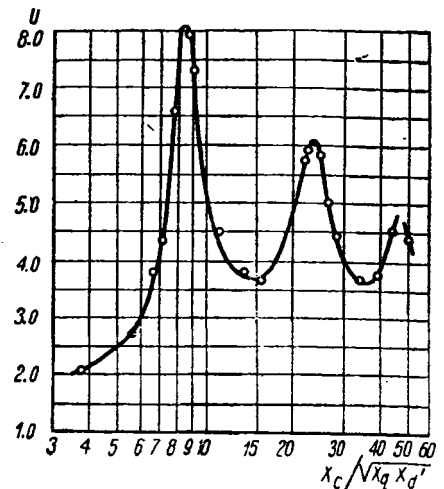


Рис. 2

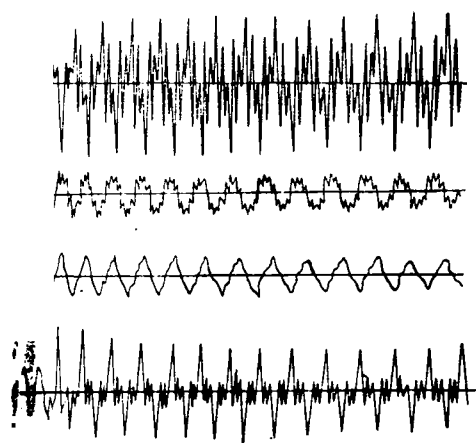


Рис. 3. Влияние демпферной обмотки

а — машина без демпфера; б — машина с замкнутой демпферной обмоткой из меди; в — машина с замкнутой выемочной демпферной обмоткой; д — машина с незамкнутой демпферной обмоткой

при установившихся условиях двухфазного к. з. для машины с демпферной обмоткой.

Были сделаны специальные опыты над тремя идентичными 10 kVA генераторами. Машины были без демпферной обмотки, с демпферной обмоткой из меди и с демпферной обмоткой с большим сопротивлением. Дополнительно были поставлены опыты с отсоединением отпайки демпферных обмоток между полюсами.

Каждая машина была присоединена через трехфазный трансформатор Δ/Δ мощностью 37,5 kVA к емкостной нагрузке, имитирующей линию передачи. Как видно из приведенных для данных случаев осциллограмм, снятых при двухфазном к. з., напряжение заметно уменьшается благодаря замкнутой демпферной обмоткам. Эти данные хорошо под-

тверждают, что отношение $\frac{X_q''}{X_d}$ является мерой искажения

напряжения при к. з., а это в свою очередь влияет на величину перенапряжения.

Снабжение машин замкнутой по всем полюсам демпферной обмоткой с большим или малым сопротивлением является довольно эффективным в предотвращении появления выходящих напряжений. Незамкнутые демпферные обмотки, построенные с учетом этих положений, являясь тем же средством, могут найти достаточные применения во многих случаях практики.

Далее экспериментально рассматривается влияние других особенно работающих генераторов, имеющих демпферные обмотки, которые значительно снижают перенапряжения. Это активные нагрузки, и в особенности нагрузки индукционных моторов, сильно влияют на снижение возможных перенапряжений при к. з.

Х. Ф. Фазылов

Пиковые гидроэлектрические установки Гэллоуэй в Шотландии. *Journal of the Institution of Civil Engineers* № 6, июль 1938.

В октябре 1936 г. полностью вступила в промышленную эксплуатацию крупнейшая в Англии группа гтэ Гэллоуэй на р. Ди, питающая пиковой энергией энергосистемы центральной Шотландии и северо-западной Англии. Эти две системы соединены между собой общей электропередачей, имеющей напряжение 132 kV, входят в государственную систему «Грид». Главные параметры гтэ Гэллоуэй приведены в таблице.

Напряжение всех генераторов — 11 kV и частота — 50 Hz. Группа гтэ Гэллоуэй имеет очень сложную схему управления и регулирования стока, вследствие чего явилось необходимым осуществлять эксплуатацию по точному и строго согласованному для всех 5 гтэ диспетчерскому графику. Два сезонных водохранилища располагают общей полезной емкостью 30 млн. kWh. Использование гидроэлектростанциями потенциальной энергии р. Ди повышается в том обстоятельстве, что пик потребления энергии в зим-

Наименование гтэ	Средний рабочий напор, м	Количество главных агрегатов	Максимальное положение воды турбины, м³/сек	Мощность гидрогенератора, kW	Число оборотов гидрогенератора в мин	Тип гидрогенератора	К. п. д. агрегата при полной нагрузке %	Мощность гтэ, kW
Кендун	45,7	2	53,7	10 500	250	верт. зонт.	88,0	21 000
Кэрсфэд	19,8	2	73,6	6 000	214,3	" "	87,0	12 000
Ирлстоун	20,4	2	70,8	6 000	214,3	" "	90,5	12 000
Гленли	116,0	2	25,8	12 000	428,6	верт. подв.	85,3	24 000
Тонгленд	32,3	3	121,0	11 000	214,3	верт. зонт.	88,0	33 000
Всего	—	11	—	—	—	—	—	102 000

симум стока реки благоприятно совпадают по времени (падают на зимние месяцы). Время, необходимое для автоматизированного ввода агрегатов гтэ в эксплуатацию после полной их остановки, очень невелико сравнительно с тепловыми электростанциями

Время, min 5 10 15 20 25
Введенная мощность, MW 34 67 78 90 102

Это последнее обстоятельство значительно повышает гибкость системы и улучшает среднее значение к. п. д. параллельно работающих тепловых электростанций. Гидростанции Гэллоуэй регулируют частоту и напряжение энергосистем Шотландии и северо-западной Англии, причем включение этой мощной группы пиковых гтэ в середине весьма длинной высоковольтной линии электропередачи протяжением около 400 km не вызвало никаких эксплуатационных трудностей. В течение уже первого года работы гтэ Гэллоуэй были загружены полностью и вырабатывали 242 млн. kWh при коэффициенте использования 0,27. В схеме гтэ Гэллоуэй впервые был применен ряд интересных передовых технических усовершенствований, причем высокое качество оборудования и строительных работ позволило совершенно избежать эксплуатационных неполадок, нередко связанных с пусковым периодом работы гтэ.

Н. А. Караулов

W. Krämer. Измерительный трансформатор напряжения для постоянного тока. *ETZ*, т. 59, № 48, 1 декабря 1938 г., стр. 1295—1298.

Трансформатор напряжения для постоянного тока представляет собой в принципе трансформатор тока для постоянного тока с очень малым номинальным первичным током, включенный последовательно с большим добавочным сопротивлением. Однако применение для этой цели описанного ранее¹ измерительного трансформатора тока оказывается невозможным из-за наводимого в первичной обмотке напряжения двойной частоты, достигающего у трансформаторов на малые первичные токи значения в несколько сот вольт. Поэтому для этой цели применена другая схема, в которой «вторичные» обмотки обоих сердечников соединены параллельно. Такая схема имеет свойства, существенно отличные от схемы с последовательным соединением вторичных обмоток. В частности, мгновенные значения «вторичного» тока здесь не пропорциональны мгновенным значениям тока в первичной обмотке. Однако среднее значение выпрямленного вторичного тока оказывается при применении для сердечников материала с резко выраженным «коленом» кривой намагничивания, точно пропорциональным току в первичной обмотке.

Принцип действия можно уяснить из диаграммы рис. 1, в которой приведено построение кривой тока во вторичной обмотке одного из сердечников по заданным: первичному току и кривой переменного напряжения, подаваемого на вторичную обмотку. Кривая тока в обмотке оказывается резко несимметричной, однако, площади, охватываемые положительной и отрицательной полуволнами i_1 и i_2 , должны быть равны друг другу. Полученную

¹ См. рефераты в журнале «Электричество», 1938, № 3, стр. 70, № 5, стр. 81 и № 8, стр. 55.

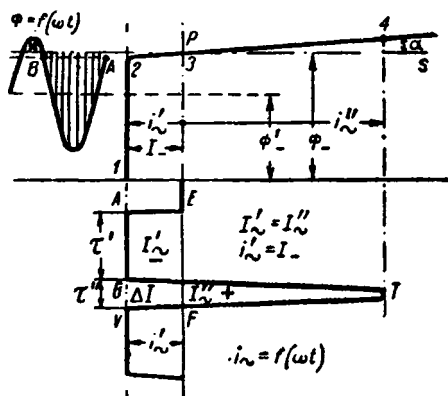


Рис. 1. Построение кривой тока во вторичной обмотке одного из сердечников для стилизованной кривой намагничивания (с очень большой начальной магнитной проницаемостью и очень резко выраженным „коленом“)

кривую тока можно рассматривать как сумму двух составляющих: постоянной, равной $(-i_{\sim})$, и пульсирующей, состоящей из узких «пиков» тока и получаемой при переносе нулевой линии тока в положение ABV . Средние значения обеих составляющих равны по абсолютной величине. При параллельном включении вторичных обмоток обоих сердечников постоянные составляющие уничтожаются вследствие противоположного направления вторичных обмоток. Пульсирующие же составляющие, будучи сдвинуты по той же причине на полпериода, не окажут друг на друга никакого влияния при условии, что $\tau'' < \tau'$ (рис. 1).

При двухполупериодном выпрямлении обе пульсирующие составляющие будут затем сложены арифметически, и среднее значение выпрямленного тока будет согласно сказанному равно удвоенному значению постоянной составляющей, т. е. удвоенному значению постоянного первичного тока, умноженному на отношение чисел витков первичной и вторичной обмоток одного сердечника. Это соотношение не меняется при изменении в широких пределах амплитуды, частоты и формы кривой вспомогательного переменного напряжения, а также активного и реактивного сопротивления вторичной цепи, пока сохраняется силу приведенное выше неравенство $\tau'' < \tau'$. Все эти факторы влияют лишь на форму кривой вторичного тока.

Практически при применении сердечников из мюметалла удалось получить трансформатор мощностью 10 W в классе 0,5 при первичном токе порядка 3... 30 mA. Колебания вспомогательного напряжения в пределах $\pm 10\%$ не влияют на точность трансформатора.

Б. И. Филипович

Ch. Ehrensperger. Электронный регулятор с астатической характеристикой. *BBC Mitteilungen* № 5—6, 1938.

Электронные регуляторы обычно, как правило, имеют так называемую статическую характеристику. В реферируемой статье описан электронный регулятор с астатической характеристикой. Для получения такой характеристики применена схема, показанная на рис. 1.

Анодный ток I_a лампы G_1 (или G_2) при постоянстве напряжения анодной батареи B_1 (или B_2) изменяется в функции сеточного напряжения e_g по кривой, показанной на рис. 2. Предположим, что обе лампы работают в точке C характеристики с анодным током OB и отрицательным сеточным напряжением OA .

Пусть вследствие незначительного толчка рабочее состояние лампы G_1 изменилось и ему соответствует точка C' рис. 2. Тогда анодный ток поднимется от величины OB до величины OB' . Падение напряжения на сопротивлении R_1 (рис. 1) увеличивается, вследствие чего сеточное напряжение лампы G_2 поднимается от OA до OA' и рабочая точка ее сдвигается по характеристике из C в C' . Анодный ток лампы G_2 снизился с величины OB до величины OB' , соответственно снизилось падение напряжения на сопротивлении R_2 , а также сеточное напряжение лампы G_1 , которое при соответствующей настройке точно достигает значения OA' . Очевидно, что устройство

будет находиться в равновесии, если рабочая точка лампы G_1 находится в C' , а лампы G_2 — в C' . На произвольном участке характеристики ламп таких положений равновесия существует бесконечное множество.

В статье описано применение этой схемы для астатического регулирования напряжения выпрямителя. Регулируемое напряжение выпрямителя сравнивается с напряжением батареи, при отклонении его от заданного значения, равного напряжению батареи, в цепи последнего протекает ток, создавая падение напряжения u на заданных сопротивлениях, включенного последовательно с батареей. Напряжение u вводится в цепь сетки лампы G_1 а с клемм U и V снимается напряжение для управления выпрямителем. Если напряжение выпрямителя равно u данному, то напряжение u равно нулю, и регулятор находится в состоянии равновесия, при этом напряжение между клеммами U и V может быть равно нулю и может составлять некоторую величину, знак которой определяется взаимным расположением рабочих точек ламп G_1 и G_2 на характеристике рис. 2.

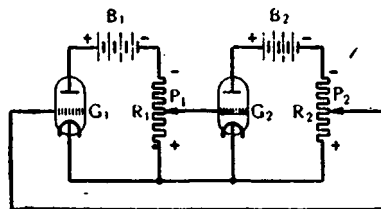
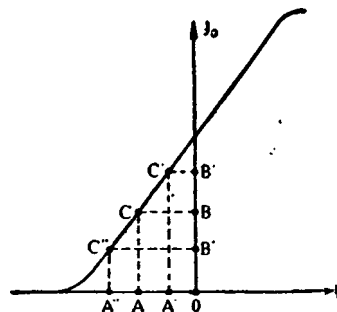


Рис. 1. Принципиальная схема для пояснения астатической характеристики электронного регулятора. G_1, G_2 — электронные лампы; B_1, B_2 — анодные батареи; R_1, R_2 — сопротивления

Рис. 2. Характеристика электронной лампы регулятора. e_g — сеточное напряжение электронной лампы; I_a — анодный ток



Если возникает отклонение регулируемого напряжения в цепи сетки лампы G_1 появляется добавочное напряжение u , вследствие которого регулятор получает толчок и анодные токи, а следовательно, и напряжение на клеммах u и v изменяется до тех пор, пока совершенно исчезнет отклонение регулируемого напряжения от заданного значения.

Этому регулятору легко можно придать искусственную статическую характеристику, для чего нужно лишь несколько сдвинуть точки P_1 и P_2 .

При испытании работы этого регулятора на выпрямтеле при изменении нагрузки последнего от холостого хода до номинальной (1000 A) были получены отклонения напряжения меньше 0,5%.

Л. Ф. Котля

Erwin Weise. Физические свойства и технические применения полупроводников. *ETZ* № 41, 13 октября 1938 стр. 1085—1089.

Полупроводники, т. е. вещества, обладающие удельным электрическим сопротивлением в пределах от $1 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ при чисто электронном характере проводимости (вещества с электролитическим характером проводимости автор к настоящим полупроводникам не причисляет) имеют ряд весьма интересных свойств (резкая зависимость сопротивления от температуры и от напряжения фотоэлектрические свойства, выпрямляющее действие и т. п.). Благодаря этому в последние годы полупроводники привлекли внимание многих исследователей-электриков и получают все большее применение в практической электротехнике.

У соединений металлов с металлоидами большое влияние на электропроводность оказывает наличие свободных электронов, не связанных химически, валентных электронов

э. электронов во внешних оболочках атомов металла. По этой причине, например, электропроводность TiO и Al различается более чем в 10^{15} раз.

В ряде случаев обработка, имеющая целью дополнительное окисление, или в других случаях, восстановление оксида металла, т. е. введение в состав кристаллической решетки дополнительных атомов кислорода или, наоборот, извлечение атомов кислорода, сильно увеличивает электропроводность вещества; в этих случаях мы говорим об электронной электропроводности, вызванной избытком или же недостатком кислорода.

Значительное распространение в качестве технического полупроводника приобрела магнезиально-титановая шпиль, получаемая искусственным путем посредством сплавления чистых оксидов магния и титана с последующей термической обработкой для придания нужных свойств. Так, для 20° мы имеем удельное электрическое сопротивление $7,00 \cdot 10^6$, для 100° — $7,92 \cdot 10^4$, для 200° — $2,47 \cdot 10^3$, для 300° — $2,56 \cdot 10^2$ и для 400° — всего лишь $5,26 \cdot 10^1 \Omega \cdot \text{см}$. Полупроводниковые стержни Urdox, которые ранее изготавливались из двуоксида урана (урандиоксида, откуда и название этих стержней), в настоящее время делаются из более дешевой Mg—Ti-шпильки. Эти стержни, снабженные металлическими контактами, припаиваются к стеклянной ножке в ламповом стеклянном баллоне; последний эвакуируется или же заполняется водородом.

Полупроводники широко применяются для изготовления электрических устройств, сопротивление которых резко меняется в зависимости от температуры и напряжения: для пусковых сопротивлений, для реле замедленного действия (замедление основано на тепловой инерции полупроводникового стержня, по которому проходит ток), для различных температурных автоматов, для сопротивлений разрядников — предохранителей от перенапряжений; для сопротивлений, шунтирующих лампочки при последовательном их соединении, — эти сопротивления как при перегорании, так и при «закорачивании» лампочки составляют цепь неразомкнутой и берут на себя напряжение лампочки, так что все прочие лампочки в цепи продолжают гореть с нормальным накалом; для фоторезисторов, для фотореле, для выпрямителей и т. п.

Б. М. Тареев

Frank J. Stevens. Пирофиллит как электроизоляционный материал. *Journ. Americ. Ceram. Soc.* сентябрь 1938, стр. 330.

Пирофиллит — минерал, представляющий собой алюмосиликат состава $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, с успехом может быть применен как сырье для керамических масс. Полученные на различных образцах свойства обожженного пирофиллита: $\epsilon = 4,5-5,6$; $\text{tg } \delta = 0,007-0,009$ (при частотах 100—1500 kHz). Незначительные потери позволяют применять пирофиллит для целей высокочастотной техники. Пробивное напряжение — E_d до 11 кВ/мм; прочность на разрыв до 770 кг/см²; удельный вес 2,32—2,39.

Б. М. Тареев

V. Bulian. Применение магния как материала для шин. *№ 33, 18 августа 1938, стр. 879.*

Чистый металлический магний с успехом может применяться в качестве проводникового материала, в частности для шин распределительных устройств. Магний чрезвычайно легкий: его удельный вес равен всего 1,74. При том же сопротивлении магниевая шина в 2 раза легче медной, что дает возможность облегчения конструкций опор. По сравнению с алюминием магний имеет следующие преимущества: более прочен механически (прочность на разрыв для магния 20—25 кг/мм² против 12—15 кг/мм² для алюминия), что для шин имеет особое значение; магний хорошо сваривается; обработка его легка и дешева. При прокладке в сырых помещениях магний без защитных покрытий хорошо противостоит коррозии. Окись магния MgO , так же как и окись алюминия Al_2O_3 , является диэлектриком; это затрудняет образование коротких замыканий после обгорания шин при разрыве. Большая часть реферируемой статьи посвящена описанию опыта с магниевыми шинами. Обнаружено, что магний, в отличие от алюминия, дает хороший, надежный и устойчивый во времени контакт. В частности, при применении магниевых шин отпадает надобность в повторном подтягивании болтовых соединений, которое имеет место при соединении алюминиевых шин.

Б. М. Тареев

Berthold Gänger. Влияние формы кривой тока на пробивное напряжение электроизолирующих материалов. *Archiv für Electrotechnik* № 6, 10 июня 1938, стр. 401.

Автор исходит в постановке всей работы из существования двух теорий пробоя: тепловой (по Вагнеру) и электрической, подобной пробоем газов.

Критерием для этих главных теорий служит вид зависимости пробивного напряжения от формы кривой переменного тока, взятого для проведения испытания. По тепловой теории значение пробивного напряжения зависит от эффективного значения, а по электрической — от максимального. Поэтому особенный интерес должны представить результаты опытов с различными кривыми тока с равными амплитудами, например, остроконечных — узких и тупых — широких («ступенчатых»).

Автору с помощью особой схемы (рис. 1, а) удалось получить такие кривые (рис. 1, б). Изменение синусоиды производилось на низкой стороне обмотки трансформатора, а форма кривой снималась шлейфом осциллографа во вторичной обмотке, с включенным последовательно высокоомным сопротивлением. Остроконечная кривая получалась при насыщенном железе дросселя, что давало большую третью гармонику. Ступенчатые кривые получались с резонансной схемой, в которой параллельно дросселю подключалась переменная емкость. Для более удобного перехода от одной схемы к другой сопротивление включено параллельно обмотке трансформатора.

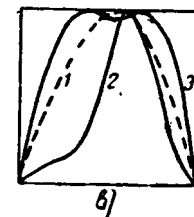
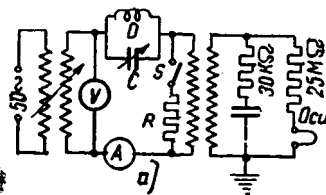


Рис. 1. Схема установки и форма кривых, получаемых из синусоиды. 1 — синусоида; 2 — острая; 3 — ступенчатая

Пересчет по Флямингу дает для указанных кривых соотношения интересующих величин: $U_{eff} = 0,50 U_{max}$ для острой формы и $U_{eff} = 0,822 U_{max}$ для ступенчатой. Максимальное напряжение определялось с помощью шарового разрядника

№ п/п	Материал	Средние пробивные напряжения в кV				Разница в процентах пробивных напряжений	
		острая форма		ступенчатая			
		max	eff	max	eff	max	eff
1	Кабельная бумага 0,055 мм 40 слоев	19,3	9,65	18,9	15,5	2,1	37,7
2	Целлон 0,55 мм	21,9	10,95	20,5	16,9	6,8	35
3	Конденсаторная бумага 0,015 мм 24 слоя	21,5	10,8	19,7	16,2	8,8	33,5
4	Твердый картон 0,95 мм, одностор. глянec	17,3	8,65	14,7	12,1	15	28,5
5	Жидкий парафин	17,2	8,6	14,5	12,0	15,7	28,4
6	Трансформаторное масло	21,0	10,5	17,2	14,15	18,1	25,8

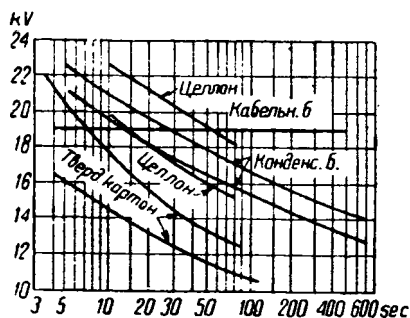


Рис. 2. Пробивное напряжение в функции времени

и осциллограмм. Электроды употреблялись плоские, диаметром 30 мм с радиусом закругления 3 мм.

Напряжение поднималось со скоростью 350 В/сек. Каждое значение определялось как среднее из 8 точек. Колебание значений в среднем составляет около 3%.

В таблице сведены основные результаты.

Таблица ясно показывает, что только кабельная бумага имеет почти чисто электрический пробой (чистый пробой должен был бы дать разницу в эффективных значениях в 39%, а не в 37,7%). У целлона и конденсаторной бумаги это выражено слабее. С целью проверки автором были сняты кривые зависимости пробивных напряжений от времени с обеими формами кривых тока. На рис. 2 приведены результаты проверки. Любопытно, что такие разные по структуре материалы, как целлон и конденсаторная бумага, показывают одинаковый характер кривых, а кабельная бумага дает в этих же условиях прямую.

В. А. Баев

Н. Nottebrock. Новые сопротивления. *Siemens Zeitschrift* № 7, 1938, Bd. 18, стр. 329.

Заслуживают внимания выпускаемые среди радиотехнических деталей так называемые карбосопротивления карбовид (*karbowid stäbe*) — высокоомные сопротивления из кристаллического углерода, нанесенного на основание. Температурный коэффициент составляет всего лишь $2-3 \cdot 10^{-4} \Omega/^\circ\text{C}$ и это большое постоянство сопротивления сохраняется при большой нагрузке и различной влажности. Карбосопротивления выполняются от 1000 Ω до 10 М Ω и от 5 Ω до 100 М Ω .

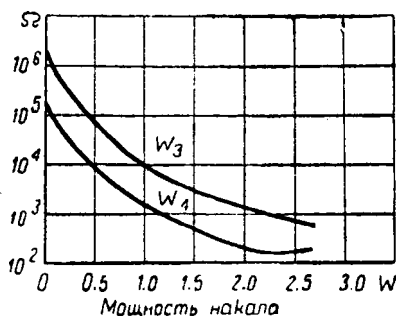


Рис. 1. Сопротивление урдокса в функции мощности накала

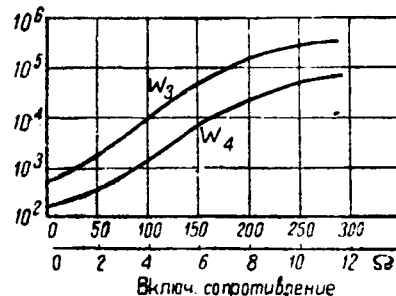


Рис. 2. Сопротивление урдокса в функции последовательно включенного сопротивления

для нагрузок от 0,25 до 100 W. Для специальных целей можно выполнять и до $10^{10} \Omega \pm 40\%$.

Вторая деталь под названием урдокс-регулятор без интересна, потому что она может заменить иные высокоомные сопротивления, допуская регулировку в самых широких пределах без использования скользящего контакта. Урдокс-регулятор использует большой отрицательный коэффициент урдокса. Конструктивно урдокс-регулятор выполняется в виде трубки из урдокса, внутри которой проходит накал. Последняя изолирована от урдокса теплоизоляционной трубкой. Емкостная связь обеих цепей очень мала. Устройство монтируется в виде обычной радиолампы. Охлаждение производится с помощью воды. На рис. 1 в зависимости сопротивления от мощности подогрева и на рис. 2 от величины последовательно включенного сопротивления до 12 Ω при напряжении переменного тока 4 В.

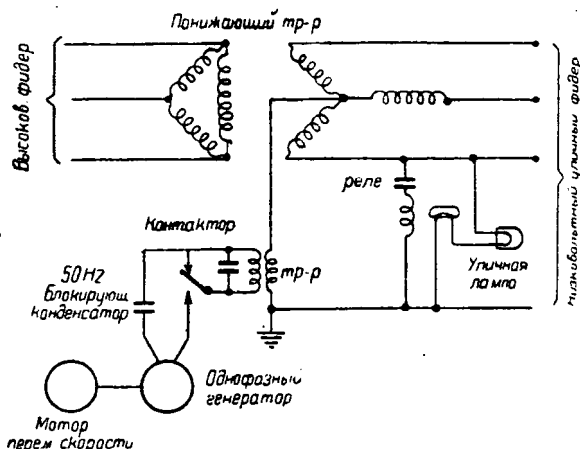
Такие урдоксовые регуляторы могут найти применение, например, в выпрямительной технике и в автоматике.

В. А. Баев

Централизованное управление освещением и звуковой нагрузкой. *The Engineer* № 4317, 7 октября 1938.

Фирмой GEC разработана схема централизованного управления освещением общественных мест и звуковой нагрузкой. Применяемая до сих пор для этих целей схема с реле (с часовым механизмом) недостаточна гибка, так как реле срабатывают только в определенное заранее установленное время. Централизованное управление позволяет включать освещение в любой момент в зависимости от длины и яркости дня и газет свет во время воздушных полетов через несколько секунд после предупреждения о них.

Разработанная система дальнего управления использует переменным током музыкальной частоты (300—800 Hz) который накладывается на существующую питающую сеть. При этом не требуется никаких сигнальных кабелей, так как токи протекают по распределительной сети, воздействуя на подсоединенные к низковольтной магистрали и настроенные на определенную частоту реле. Частота эта, получаемая от генератора, вращающегося с переменной скоростью, накладывается на систему посредством специального трансформатора (рис. 1), который подсоединяется или к высоковольтным или низковольтным фидерам. В последнем случае вторичная обмотка трансформатора подсоединяется между нулевой точкой и нулевым проводом системы. Генератор приводится во вращение мотором постоянного тока, для пуска которого, как и для управления его скоростью, может быть также употреблено дальнееуправление.



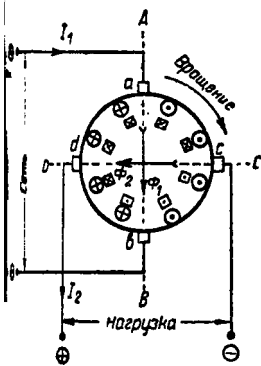
Применное реле имеет две настроенные на определенную частоту вибрирующие пластинки (одна для включения, другая для выключения). Рабочая катушка смонтирована на сердечнике из слоистого железа, с вырезами которого и проходят пластинки. При наложении частоты, на которую настроены пластинки, они начинают вибрировать, вследствие чего молоточки, связанные с ними, ударяют по зубчатому колесу и заставляют его вращаться. Это движение передается центральному шестерню, который ставит специальный ртутный контакт в положение «включено» или «выключено».

М. Д. Требу

O. I. Butler. Металлинное управление. *Electric Railway* Edition, сентябрь 9, 1938, стр. 472

Металлин можно рассматривать как вращающийся трансформатор постоянного тока, преобразующий приложенное напряжение постоянной величины V_1 во вторичное напряжение V_2 , которое создает ток той или иной постоянной величины.

Металлин состоит из обычного якоря машины постоянного тока, вращающегося с постоянной скоростью от постороннего двигателя, который, следовательно, служит лишь для поддержания потерь. На коллекторе якоря расположены две щетки, к одной из которых подводится постоянное напряжение, а к другой подсоединяется нагрузка (рис. 1).



Первичный ток I_1 , протекая по проводам, расположенным по периферии якоря, образует магнитный поток Φ_1 , который создает некоторую э. д. с. между щетками cd . При подключении к ним внешнего сопротивления, по внутреннему ряду проводов якоря проходит ток I_2 , создающий поток Φ_2 , который наводит некоторую э. д. с. между щетками ab . Эта э. д. с. противоположна и почти равна приложенному напряжению; следовательно, при постоянной скорости вращения поток Φ_2 и ток I_2 имеют почти постоянное значение. Если создать до-

полнительное поле (посредством обмотки возбуждения), противоположное Φ_2 , то ток I_2 увеличится, если поле будет направлено в одну сторону с Φ_2 , то ток I_2 уменьшится. Таким образом величину вторичного тока и, следовательно, ускорения можно изменять внешней м. д. с. С этой целью используют статорную обмотку, которую называют варнатором. Решение ряда уравнений дает величины первичного и вторичного токов, равные:

$$I_1 = \frac{(R_a + R_2) \cdot (U_1 - k\Phi_v) + k k_2 E_b}{k^2 k_1 k_2 + R_a (R_a + R_2)}; \quad (a)$$

$$I_2 = \frac{k k_1 \cdot (U_1 - k\Phi_v) - R_a E_b}{k^2 k_1 k_2 + R_a (R_a + R_2)}; \quad (b)$$

U_1 — приложенное первичное напряжение;
 Φ_v — поток обмотки варнатора;
 R_a — сопротивление якоря;
 R_2 — сопротивление внешней вторичной цепи;
 E_b — обратная э. д. с. тягового мотора;
 k, k_1, k_2 — некоторые постоянные, получаемые из расчетных данных машины:

$$k = n Z p / 10^8 \cdot 60 a, \quad k_1 = \frac{U_2}{k I_1} \quad \text{и} \quad k_2 = \frac{U_1}{k I_2}.$$

и последние величины, нетрудно математическим путем найти данные для построения нагрузочных характеристик. Взяв в уравнении a (при работе моторов) членом $k k_2 (U_1 - k\Phi_v)$, как малым по сравнению с $k k_2 E_b$, и полагая, что направление вращения тягового мотора, которым индуцируется обратная э. д. с. E_b , изменится на свое, приходим к выводу, что и первичный ток меняет направление и наступает рекуперация. Вторичный же ток, как это следует из уравнения b [при пренебрежении $R_a E_b$, незначительным по сравнению с $k k_1 (U_1 - k\Phi_v)$] в этом незначительно увеличивается, не меняя своего направления. Для создания рекуперативного режима необходимо переключить или обмотку возбуждения или обмотку

варнатора. При этом вторичной цепи при приложенном первичном напряжении равносильно короткому замыканию питающей сети $R_2 = \sim$, $I_1 = \frac{U_1 - k\Phi_v}{R_a}$ и $I_2 = 0$; это осложне-

ние избегается применением независимого возбуждения тяговых моторов, включаемого через реверсивный переключатель.

То же уравнение a показывает, что при низком значении $(R_a + R_2)$ рекуперация может иметь место вплоть до остановки моторов, когда обратная э. д. с. равна почти нулю; следовательно, при электрическом торможении тормозное усилие будет иметь место вплоть до остановки.

К статье приложены осциллограммы первичного и вторичного токов в период перехода от моторного к рекуперативному режиму. В добавлениях (appendix) рассматриваются наилучшие схемы подсоединения моторов к металдину и эффект, достигаемый применением регулирующей обмотки.

М. Д. Трейвас

Аккумуляторная тележка с батареей на 1000 Ah. *Railway Electrical Engineer*, август 1938

На одном из крупнейших американских металлургических заводов пущена в эксплуатацию аккумуляторная тележка-кран весом около 7300 kg. На тележке установлена аккумуляторная батарея из 24 элементов типа MEH-21 (Exide-Ironclad). Емкость батареи 1000 Ah. Батарея рассчитана на работу без подзарядки в течение 12—18 h. За этот промежуток времени тележка делает 288 рейсов длиной около 120 m каждый и перевозит более 1000 t стали. Средняя скорость передвижения 6,5 km/h. Напряжение батареи при начале работы 46,6 V и в конце рабочего дня 43,86 V.

В. Н. Коновалов

H. E. Hutter. Магнитные ограничители моментов. *The Electrical Review* № 3177, 1938.

Для защиты рабочих машин от опасно больших моментов при различных торможениях обыкновенно применяются механические муфты скольжения, ограничивающие величину моментов, передаваемых от двигателей рабочим машинам. Однако при больших скольжениях и больших передаваемых мощностях в этих муфтах развивается значительное количество тепла, что может повлечь за собой разрушение фрикционных поверхностей. Поэтому в статье рекомендуется применять при больших мощностях магнитные муфты, в которых эта опасность устранена (при малых мощностях такие магнитные муфты нерентабельны). В этих муфтах регулировка величины момента скольжения осуществляется посредством сопротивлений, включенных последовательно в цепь намагничивающей катушки. При этом необходимо, чтобы момент скольжения сохранял постоянную величину и не падал после того, как катушка нагрелась, а допустимый нагрев катушки должен быть строго ограничен, так как увеличение сопротивления катушки влечет уменьшение тока и, следовательно, момента. Повышение температуры сверх пределов, допустимых для фрикционных поверхностей, предотвращается с помощью термостатов, которые, будучи соединены с контакторами в цепи катушки, вызывают размыкание цепи при определенной, заранее установленной температуре и не допускают обратного включения, пока не будет достигнута приемлемая температура. Присоединение термостатов к муфте осуществлено с помощью контактных колец. Трущиеся детали и контактные кольца допускают быструю замену. В качестве примеров выполненных конструкций приводятся: 1) муфта с внешним диаметром 54" весом около 2 t для передачи момента в 25 000 футо-фунтов рабочей машине от двигателя, могущего развивать момент в 60 000 футо-фунтов, и 2) две муфты, установленные на морской землечерпалке для соединения двигателей дизеля в 550 л. с. с насосами.

Н. Шостыин

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Дело Ленина—Сталина восторжествует во всем мире	1
Кравчук М. В. — Третья пятилетка и вопросы автотракторного электрооборудования	3
Гольдберг Г. И. — Современное автомобильное электрооборудование	5
Галкин Ю. М. — Производство автотракторного электрооборудования и задачи исследовательской работы в СССР	14
Чуваев С. Н. — Аналитические методы исследования рабочего процесса магнето	19
Туманов Р. Б. — Исследование потенциала искрообразования на электродах свечи	23
Лихачев М. М. — Электрохимическая очистка воды для аккумуляторных батарей	26
Горшков П. И. — Новые виды резиновой и каучукоподобной изоляции для кабелей и проводов	30
Герцештейн М. Г. и Соколова С. Л. — Масляные и соевые конденсаторы	35
Аркадьев В. К. — Магнитный спектр как одно из технических условий на трансформаторную сталь	39
Троицкий Б. В. — Мингичаур	43
Иванов В. П. — О руководящих указаниях для проектирования городских электрических сетей трехфазного тока	45
Рождественский В. Т. — Современные методы определения потерь энергии в электросетях	50
Сапиро Л. И. — Уроки одной аварии	54
Акопян А. А. — Влияние формы импульсной волны на разрядное напряжение изоляции	55
Буйлов А. Я. — Гашение дуги при наличии импульсного дутья	59
Куренев С. И., Гашев М. А. и Еремеев А. С. — Выравнивание неодинаковой нагрузки фаз в трехфазной системе	63
М. А. Шателен — Система единиц Джорджи	66
Вайнтриб П. М. — Об определении коэффициентов продольного поперечного намагничивания в синхронных машинах	67

ИЗДАТЕЛЬ ГОНТИ

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

Отв. редактор Я. А. КЛИМОВИ

Сдано в набор 15/II 1939 г. Подписано к печати 28/III 1939 г. Стат. формат 226 X 293, 1/8 Печ. л. 11. У. а. л. 1

В 1 п. 1000 экз. Уполн. Главлита А 5649. Заказ 355 Тираж 10.500 экз.

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

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

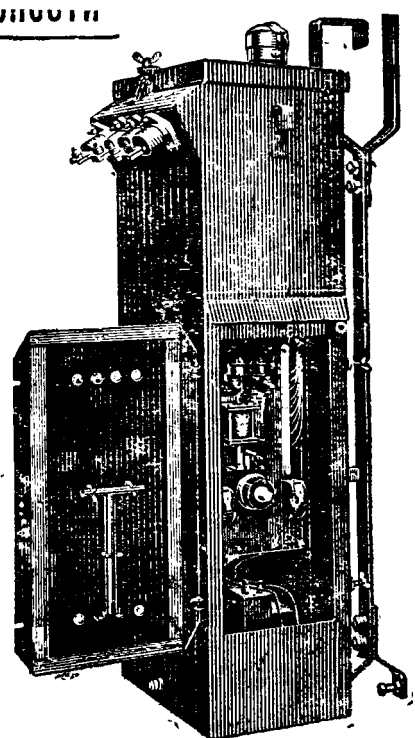
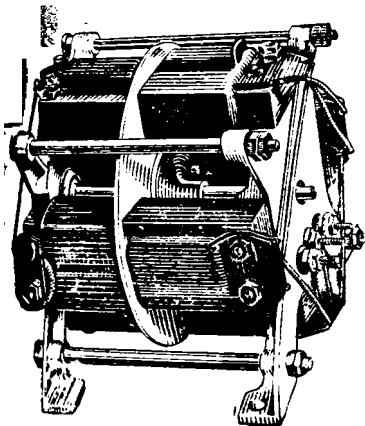
Дешевой стоимостью и надежностью

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

Применимостью в промышленности

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

ТРЕБУЙТЕ НАШИ ПРОСПЕКТЫ



FERRANTI

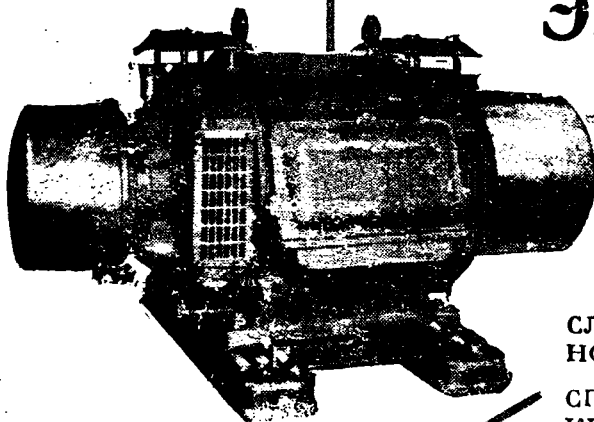
Регулятор напряжения с вращающейся катушкой

FERRANTI LIMITED, HOLLINWOOD, LANCs, АНГЛИЯ

7.1.33b

310

ЭЛЕКТРОМОТОРЫ ВСЕХ ТИПОВ



СЛЕВА МОТОР ЗАЩИЩЕННОГО ТИПА НА САЛАЗКАХ

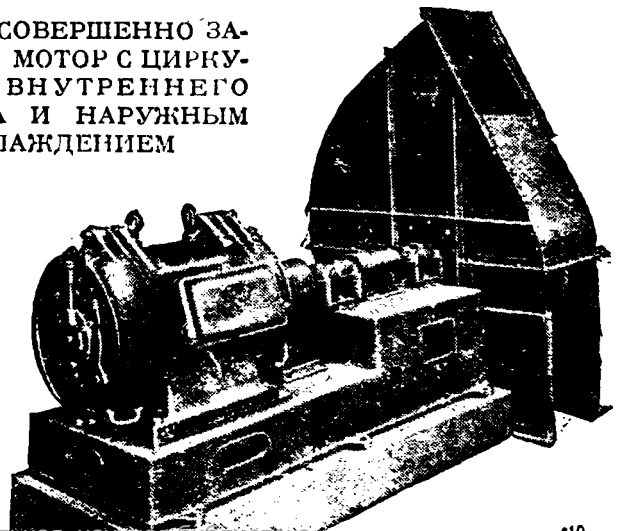
СПРАВА СОВЕРШЕННО ЗАКРЫТЫЙ МОТОР С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА И НАРУЖНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ



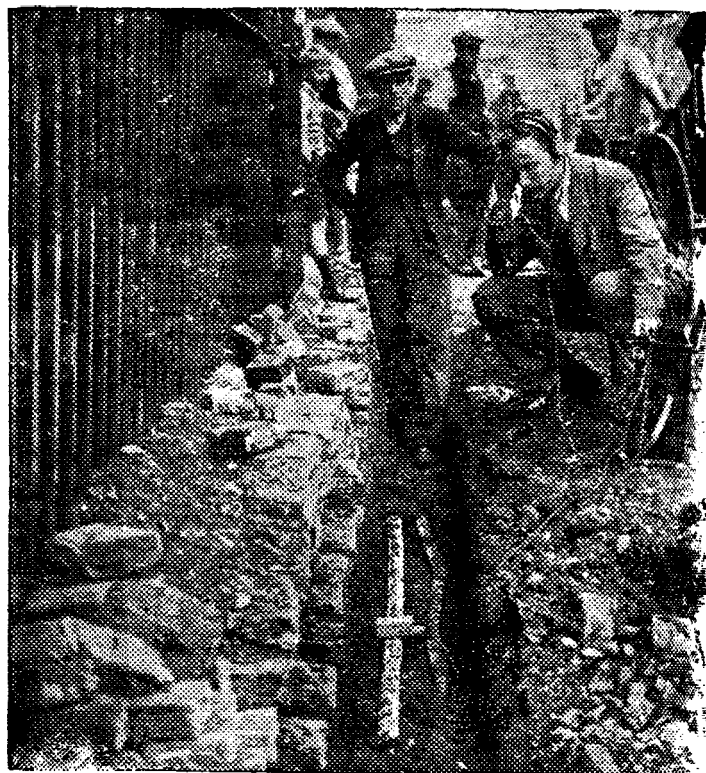
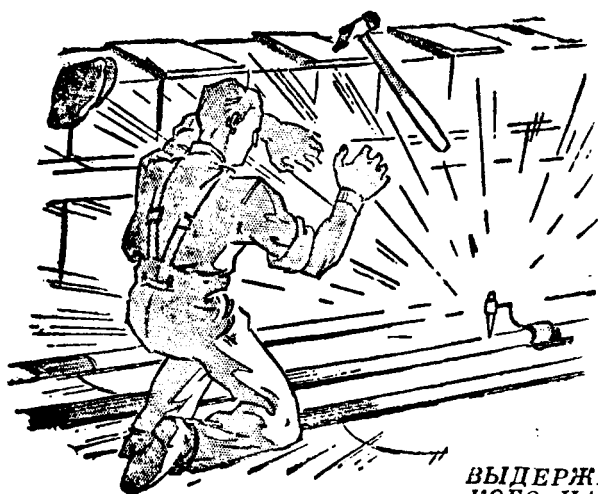
МЕТРОПОЛИТЭН Виккерс

ЭЛЕКТР.

АКЦИОННО



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



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

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

**Испробовали ли Вы для этих испытаний прибор
для местонахождения кабеля фирмы**

Standard?

Бесчисленное множество несчастных случаев вызываются ошибками при распознавании кабелей.

Испытательный прибор “**Standard**” является единственным аппаратом на рынке, безошибочно определяющим любой кабель на любом участке.

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

Standard Telephones and Cables Limited

NORTH WOOLWICH, LONDON, E. 16 - АНГЛИЯ

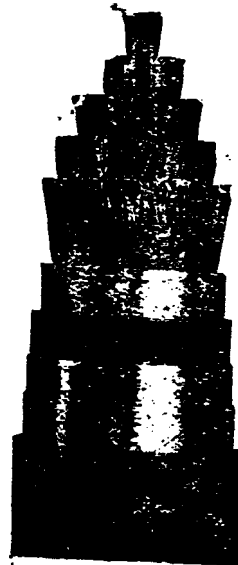
Телегр. адрес : WESTOPHONE, LONDON.

Отделения и представительства во всем мире

**Все во всем мире пользуются
телефонными кабелями
производства**

Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi

РЕФЕРЕНЦИИ: 2000 км. международных опинизированных кабелей. Тысячи километров городских и междугородних кабелей. Поставки в Британскую Индию, Сиа́м, Австралию, Египет, Южную Америку, Бразилию, Голландию и т. д., и т. д.



CABLERIE

КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

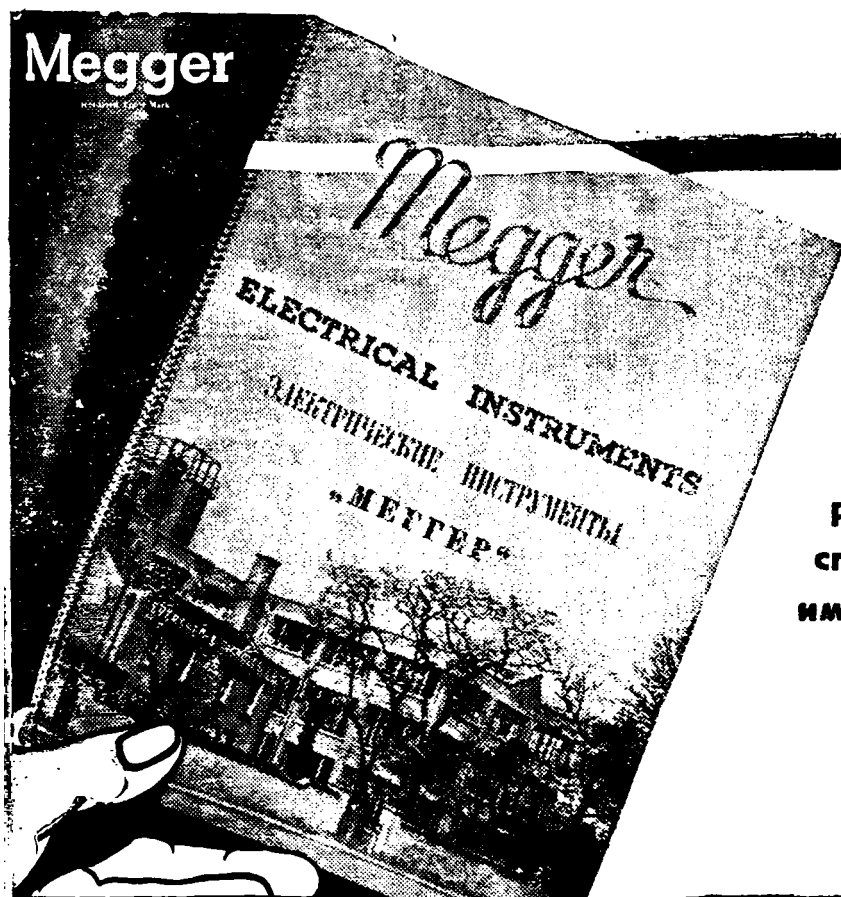


CHARLEROI

ШАРЛЕРУА (Бельгия)

885

Megger



**Фабриканты ряда
приборов для испы-
тания изоляции про-
водов составили на
русск. языке полный
список изготовленных
ими аппаратов.**

**Требуйте по нижеуказанному
адресу бесплатной присылки
списка № R. 178.**

ENGLAND

EVERSHED & VIGNOLES, LTD. CHISWICK LONDON

4-175

Свинцовые кабели

для сильных токов, телефона, телеграфа, сигнализации, радио и телевизии, а также принадлежности к ним.

Провода с резиновой изоляцией
любого назначения

Изоляционные трубки

MANUFACTURES DE
CÂBLES ÉLECTRIQUES
ET DE CAOUTCHOUC S.A.

EUPEN

БЕЛЬГИЯ

942

SOCIÉTÉ BELGE

POUR LA FABRICATION DES

CABLES ET FILS ÉLECTRIQUES S.A.

79, rue du Marché, BRUXELLES (Бельгия)

Адр. для телегр. : Телегр. Коды :
FABRICABLE, Bruxelles A.B.C. 5 и 6th, Bentley's

ИЗОЛИРОВАННАЯ ПРОВОЛОКА И КАБЕЛИ

для всех электротехнических целей

БРОНИРОВАННЫЕ КАБЕЛИ

низкого и высокого напряжения

ТЕЛЕФОННЫЕ КАБЕЛИ

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ТРУБКИ

с оцинкованной железной оболочкой и стальные

СТАЛЬНЫЕ НЕИЗОЛИРОВАННЫЕ ТРУБКИ

электросваренные, крытые красным и черным лаком



Кабели для сильного тока с резиновой изоляцией и с пропитанной бумагой.
Контрольные кабели - Телефонные кабели.
Проволока и кабели с резиновой изоляцией.

CABLES et CORDERIES du HAINAUT, S.A., DOUR

Бельгия.

861

N. V. NEDERLANDSCHE KABELFABRIEK

DELFT (Голландия)

■■■■

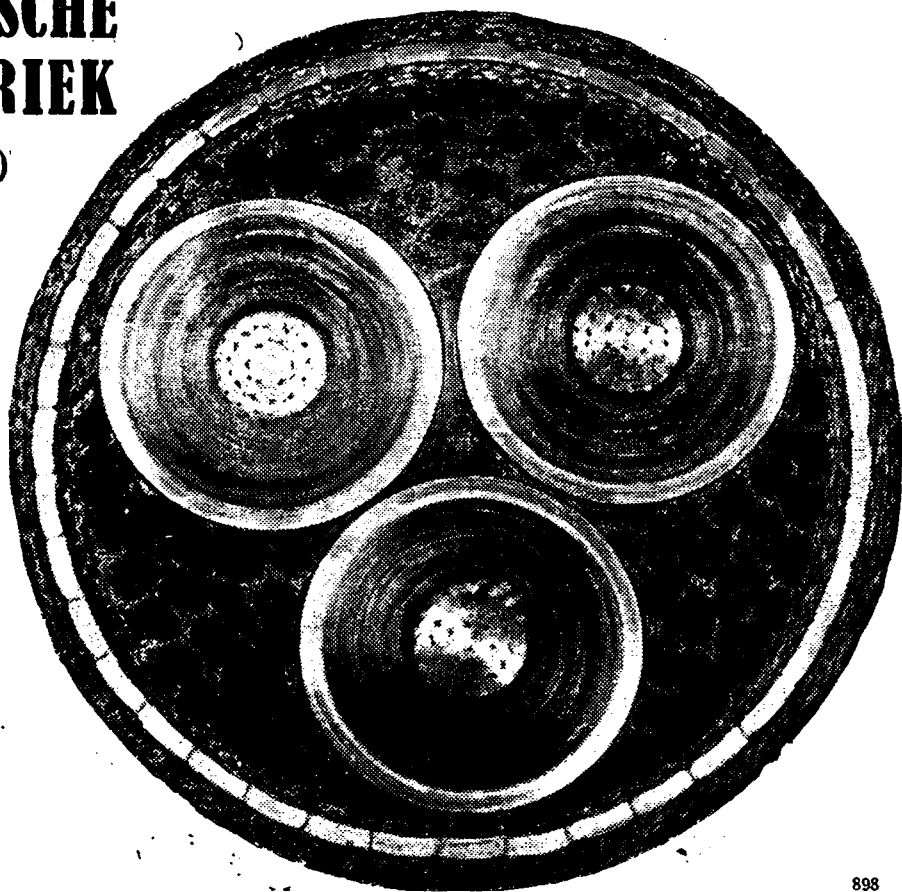
ПРОИЗВОДИТ:

Подземные электрические
кабели высокого и низкого
напряжения с бумажной
изоляцией

Подземные телефонные и
сигнализационные кабели

Подводные кабели

Неизолированную проволоку
и неизолированные кабели
из электролитическ. меди



898

ПОЛНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ для КАБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

4-9

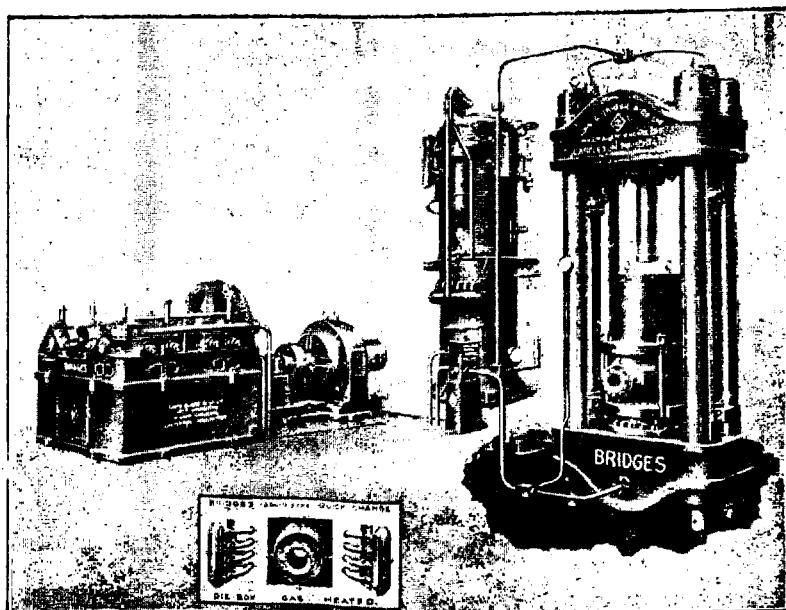
Благодаря непрерывным улучшениям в течение ряда лет, фирма БРИДЖ имеет теперь возможность предложить кабельным заводам машины для всех отраслей этого производства, непревзойденные по замыслу и конструкции.

Ниже описан **Усовершенствованный гидравлический пресс Бриджа для свинцовых кабелей**

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

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

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



● Чистое железо АРМКО

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

● Трансформаторная сталь АРМКО

Производство включает все сорта трансформаторной листовой стали. Обращаем Ваше особое внимание на нашу марку „TRANCOR 6“ с потерей в 0,93 watt при $B=10.000$ и 50 периодах. Листы марки АРМКО имеют ровную и гладкую поверхность и поддаются легко штамповке. Поставляется также в форме ленты любой длины.

● Специальные стали

Нержавеющие хромо- и хромо-никелевые стали в виде листов, лент, проволоки и профилей. Огнестойкие стали марки „СИКРОМАЛЬ“. Рекомендуем также цельнотянутые трубы (до 1500 мм. диаметром) для пароперегревателей, воздухонагревателей, труб для чистки котлов и т. д.



ARMCO

6, Avenue Gourgaud, 6 - PARIS (XVII^e) Франция

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

В ГЕРМАНИИ :
ARMCO-Eisen G.m.b.H.
Armco Haus, Sedanstrasse 37, KOELN a.Rh.

В АНГЛИИ :
Engineering and Metals Co., Ltd.
Thames House, Millbank
LONDON, S.W.1

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

990

ТОВАРНА НА КАБЛЕ, Акц. спол. БРАТИСЛАВА (Чехословакия)

МЫ ИЗГОТОВЛЯЕМ:

все сорта изолированных кабелей и проводов для техники сильных и слабых токов,

свинцовые кабели, телефонные кабели, сигнальные кабели и

специальные патентованные кабели марки „ФЛЕКСО“.



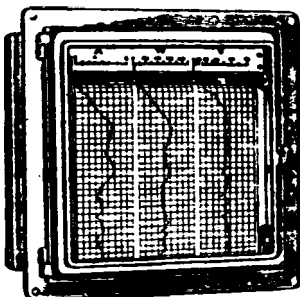
Trüb, Täuber & Co. A.G.

ФАБРИКА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И НАУЧНЫХ АППАРАТОВ

ZÜRICH. 10, Ampèrestr. 3 (Швейцария)

САМОПИШУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ для ОДНО- и МНОГОКРАТНЫХ ЗАПИСЕЙ,

переносные для включения в распределительные доски с полосами бумаги для записей шириной в 70 мм., 150 мм. или 300 мм.



Тройной самопишущий ампер-, вольт- и ваттметр для включения в распределительную доску

МЫ ЯВЛЯЕМСЯ ПОСТАВЩИКАМИ
ТЕХНОПРОМИМПОРТА, МОСКВА

55

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ „СОЮЗЛАБОРРЕАКТИВ“

№ 50

Доводим до сведения всех заинтересованных организаций, что на нашем складе имеются в наличии

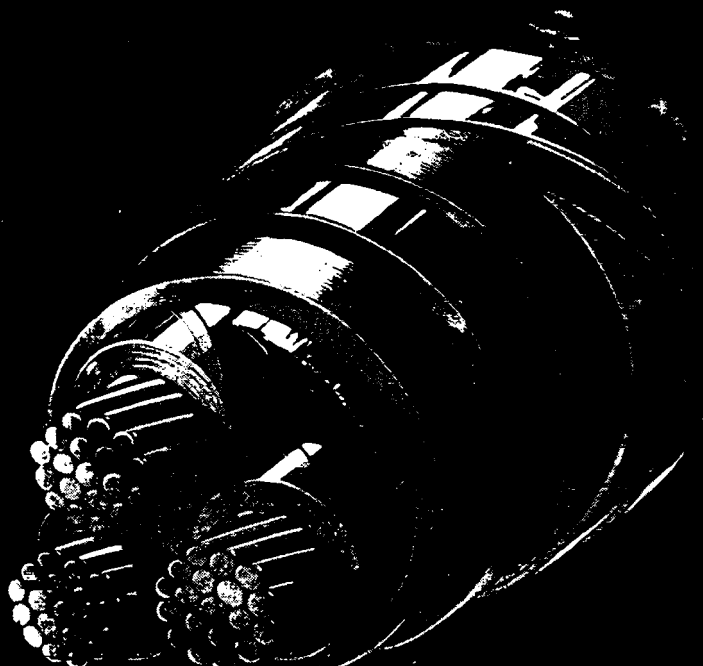
ЭЛЕКТРО-ВАКУУМНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

1. ПРИЕМНЫЕ И УСИЛИТЕЛЬНЫЕ ЛАМПЫ: СО-187, СО-122, СБ-155, СО-183, СО-182, УБ-152, ПО-119, ТО-141, ТО-142.
2. ГЕНЕРАТОРНЫЕ ЛАМПЫ с лучистым охлаждением: ГК-20, ГД-50, ГКЭ-300, ГК-3000, ГКЭ-1000, ГД-1000.
3. МОДУЛЯТОРНЫЕ ЛАМПЫ с лучистым охлаждением: М-80, М-600.
4. ГЕНЕРАТОРНЫЕ ЛАМПЫ с водяным охлаждением: ГДО-15, ГКО-10.
5. КЕНОТРОНЫ: В8-800, ВО-230, В27-800.
6. ГАЗОТРОНЫ: ВГ-236, ВГ-163, ВГ-131.
7. ТИРАТРОНЫ: ТГ-212, ТГ-162.
8. ТУНГАРЫ: ВГ-176.
9. БАРИЕВЫЕ РАЗРЯДНИКИ: РБ-350.
10. КИНЕСКОПЫ: КОМ-5.

Заказы направлять:

г. Ленинград, проспект Майорова, 26

Лен. Отд. „Союзлаборреактив“.



НАЧИНАЯ ОТ
ИЗОЛИРОВАННЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПРОВОЛОК И
КАБЕЛЕЙ...

...ВПЛОТЬ ДО
БРОНИРОВАННЫХ
КАБЕЛЕЙ

LES CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ELECTRIQUES DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ELECTRICITÉ
CABLERIES DES CABLES DE LYON ET DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES RÉUNIES

170-172, AVENUE JEAN-JAURÈS, LYON (FRANCE)

Вологодская областная универсальная научная библиотека



КНИГОСБЫТ ГОНТИ

ПЕЧАТАЮТСЯ И ПРИНИМАЮТСЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАКАЗЫ:

ШТЭБЛЕЙН В. Техника дальнедействующих устройств. Перев. с нем. и дополн. *Н. Ф. Гаркуши, И. И. Иванова, и В. В. Ковалевской.* Под ред. проф. Б. И. Доманского. ГОНТИ. Ред. энерг. л-ры. 18 л. Т. 3000.

Книга содержит систематическое изложение вопросов техники управления на расстоянии; рассматриваются основы телеметрии, дальнего регулирования и дальнеуправления и способы использования каналов связи для телемеханических установок.

Учебное пособие для энергетических вузов, практическое — для инженеров, соприкасающихся с вопросами телемеханики.

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ:

БЕЛЯКОВ А. П. Основания для проектирования заземлений электрических установок. ГОНТИ. Ред. энерг. л-ры. 1938. Стр. 140. (Труды Всесоюзного электротехнического института № 35. Отраслевое бюро технической информации Главэлектронпрома Наркомаша при ВЭИ.). Ц. 5 р.

В книге излагаются результаты исследований и практических измерений, проведенных ВЭИ. Ознакомление с книгой поможет при проектировании заземлений более правильно подходить к выбору типов заземлителей и созданию условий безопасности.

Для инженеров-электриков.

БЕРГЕР А. Л., проф. Синхронные машины. Изд. 2-е, перераб. и дополн. ГОНТИ. Гл. ред. энерг. л-ры. 1938. Стр. 664. Ц. 10 р. 35 к., пер. 1 р. 50 к.

В книге рассматриваются теория и необходимые элементы расчета, конструкции и испытания синхронных машин: синхронного генератора, синхронного двигателя, компенсатора и однофазного преобразователя.

Для студентов энергетических вузов и инженеров, работающих в области производства электрических машин и их эксплуатации.

ГАРБУД П. Управление электродвигателями. Перев. с англ. инж. Н. Н. Стефановича. ГОНТИ. Ред. энерг. л-ры. 1938. Стр. 224. Ц. 5 руб., пер. 1 р. 75 к.

Содержание: реостаты и контроллеры с ручным управлением; характеристики двигателей постоянного тока; контакторы и реле постоянного тока; методы управления ускорением двигателей и т. д.

Для инженеров-электриков.

РИХТЕР Р. Электрические машины. Т. IV. Индукционные машины. Перев. с нем. под ред. проф. Ю. С. Чечет. ГОНТИ. Ред. энерг. л-ры. 1939. Стр. 472. Ц. 12 руб., пер. 1 р. 50 к.

В книге рассматриваются индукционные машины, относящиеся к группе асинхронных машин. В круг изучаемых вопросов введены теоретические обоснования работы однофазной индукционной машины, а также проектирование индукционной машины.

Для студентов вузов и инженеров, работающих в области электромашиностроения.

ПРОДАЖА В МАГАЗИНАХ И КИОСКАХ КНИГОСБЫТА ГОНТИ И КОГИЗа.

ЖЕЛАЮЩИЕ МОГУТ ПОЛУЧИТЬ КНИГУ ПО ПОЧТЕ:

МОСКВА, Рыбный пер. 2, пом. 26, „ТЕХКНИГА — ПОЧТОЙ“,

ЛЕНИНГРАД, В. О., 4-я линия, д. 13, „ТЕХКНИГА — ПОЧТОЙ“

КИЕВ, ул. Свердлова, д. № 2, „ТЕХКНИГА — ПОЧТОЙ“.

КНИГИ ВЫСЫЛАЮТСЯ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ БЕЗ ЗАДАТКА