



ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

8

ГОД ИЗДАНИЯ 60-й

1939

А В Г У С Т

ОРГАН 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.

Всено́родный смотр побед социалистического сельского хозяйства

ОТКРЫВШАЯСЯ 1 августа 1939 г. Всесоюзная сельскохозяйственная выставка является первой демонстрацией мощи и богатства сельского хозяйства Советской страны. Она достойно отображает великие достижения социалистического сельского хозяйства и показывает лучшие образцы всех его отраслей. На выставке широко показаны достижения колхозов, совхозов, машинотракторных станций, колхозных животноводческих ферм, а также достижения передовиков и организаторов сельского хозяйства. Одно из коренных и глубоких принципиальных отличий выставки, устраиваемой в советской стране, от сельскохозяйственных выставок капиталистических стран, заключается в том, что на нашей выставке представлены экспонаты, характеризующие единичный успех, а общий подъем сельского хозяйства.

В нашей стране безраздельно господствует социалистическая форма хозяйства. За последние две сталинские пятилетки создано самое крупное в мире, передовое социалистическое сельское хозяйство, опирающееся на высокую технику. Свыше 99% всей посевной площади крестьянских хозяйств по зерну принадлежит колхозам, объединяющим 18 млн. 800 тыс. крестьянских дворов. Выставка является могучим средством в борьбе за успешное выполнение плана третьей сталинской пятилетки и дальнейший подъем социалистического земеделия.

На огромной территории Всесоюзной сельскохозяйственной выставки, охватывающей 136 гектаров, размещено несколько десятков павильонов, которых показано развитие всех основных отраслей социалистического сельского хозяйства и достижения колхозного строительства в республиках, краях и областях Советского Союза.

Центральное место отведено на выставке павильону «Механизация» и прилегающей к нему площади механизации, где демонстрируются машины агрегаты, машины и орудия, механизирующие все процессы сельскохозяйственного производства. Этот павильон дает яркое представление величию побед партии Ленина — Сталина

в преодолении былой отсталости дореволюционной России, в создании нового, крупного, механизированного сельскохозяйственного производства. Трудно сопоставить нынешний уровень механизации с дореволюционным или даже доколхозным, ибо нет для этого сравнимых показателей. За две сталинские пятилетки в СССР созданы 6350 машинотракторных станций, обслуживающих почти все колхозы. Тракторный парк сельского хозяйства СССР насчитывал в 1938 г. 483,5 тыс. тракторов мощностью в 9256,2 тыс. л. с. За один лишь 1938 г. мощность тракторного парка возросла на 871,2 тыс. л. с. Одних комбайнов насчитывалось в прошлом году в сельском хозяйстве СССР более 150 тыс. Десятками тысяч насчитываются сложные молотилки, льнотеребилки и другие машины. Автотранспорт сельского хозяйства располагает сейчас 250 тыс. грузовых и более 10 тыс. легковых автомобилей.

Если на первой крестьянской сельскохозяйственной выставке, состоявшейся в Москве в 1923 г., экспонировались отдельные сложные машины, и все эти машины были иностранного происхождения, то теперь мы можем гордиться тем, что все машины в павильоне «Механизация» на выставке 1939 г. имеют исключительно советские марки и изготовлены на советских заводах и из советских материалов. Многие из этих машин советской марки уже экспортirуются из СССР в другие страны и там пользуются широкой известностью за свое высокое качество.

Если на выставке 1923 г. и не приходилось еще мечтать о показе электрификации сельского хозяйства в нашей стране, то на выставке 1939 г. каждый сможет на многочисленных экспонатах увидеть самое разнообразное применение электричества в социалистическом сельскохозяйственном производстве и быту колхозников, которое с каждым годом принимает все более широкие масштабы. Гениальный план ленинско-сталинской электрификации всей страны, в том числе и сельского хозяйства, реально претворяется в жизнь. И первые успехи сельскохозяйственной электрификации, которые продемонстрированы на вы-

ставке, являются лишь предвестниками новой, грядущей электрической техники, техники коммунистического общества.

В павильоне «Механизация» посетитель увидит большую карту СССР, показывающую состояние и распространение электрификации сельского хозяйства у нас в стране на 1939 г. Мощность электроустановок с 2000 kW, имевшихся в крупных помещичьих хозяйствах дореволюционной России, выросла к 1938 г. до 250 000 kW, которые поставлены теперь на службу совхозам и колхозам. Общее потребление электроэнергии в сельском хозяйстве только за последние две пятилетки выросло в 11 раз и достигло в 1938 г. 360 млн. kWh.

К 1939 г. было электрифицировано 9000 колхозов, 640 тыс. колхозных дворов и 1550 МТС и МТМ.

На специальном стэнде в этом же павильоне будут представлены все типы электродвигателей, которые выпускаются нашей электропромышленностью и которые применяются в сельском хозяйстве. Удельный вес моторной нагрузки в общем балансе потребляемой в с. х. электроэнергии быстро растет с каждым годом. Если в 1928 г. из 33,8 млн. kWh только 10% падало на моторную нагрузку, то в 1938 г. из 360 млн. kWh на моторную нагрузку приходится уже 33%.

В числе новых машин, освоенных советской промышленностью и показываемых на выставке, находится трехтактная электродоильная машина. В текущем году Сумский завод выпускает около 1000 электродоильных установок, причем спрос на них со стороны колхозов и совхозов значительно превышает эту цифру. С целью помочь в освоении этой машины в сельском хозяйстве на специальных курсах при Наркомземе и Наркомсвхозов СССР подготовлено в текущем году более 300 инструкторов машинного доения.

Здесь же можно познакомиться с установкой для электрострижки овец, которая благодаря своим бесспорным преимуществам перед ручной стрижкой завоевала в настоящее время огромные симпатии со стороны всех овцеводческих совхозов и колхозов. Ростовский завод, освоивший производство этих агрегатов, перешел уже на их массовый выпуск.

В 1938 г. работало в овцеводческих районах более 200 агрегатов для электрострижки, охвативших 500 000 голов овец.

В ряду новейших типов тепловых тракторов, выпускаемых советской промышленностью, можно видеть на выставке оригинальную электрическую машину — электротрактор конструкции ВИМЭ.

Уже начата подготовка к выпуску в 1940 г. первой партии (в количестве 10) таких машин для районов ирригации Заволжья.

Художественное панно «В. И. Ленин на испытаниях электроплуга», помещенное в павильоне «Механизация», напоминает нам еще и еще раз о том, какое огромное политическое значение придавал В. И. Ленин вопросам электрификации сельского хозяйства и, в частности, вопросу о применении электричества на полевых работах.

В целом ряде павильонов, размещенных на огромной территории выставки, можно воочию

убедиться, как ленинский план электрифики претворяется в жизнь великим продолжателем дела Ленина — товарищем Сталиным.

Отдельный специальный павильон отведен к хозяйственной гидроэлектростанции, показанной в действии. Электроэнергия этой станции приводит движение ряда сельскохозяйственных машин и вешает прилегающие к ней дома и улицы. Эпавильон является наглядной иллюстрацией к историческому решению XVIII съезда ВКП(б) о широком развитии в третьей пятилетке строительства мелких колхозных гидроэлектростанций, привнесенных сыграть большую роль в деле электрификации сельского хозяйства. К 1939 г. по Союзу насчитывалось около 750 сельских гидроэлектростанций. В текущем году многие колхозы строятся на реках такие гидроэлектростанции. Например, в Башкирии в этом году колхозы уже соорудили 5 гэс, электричество от которых дано в 15 колхозов республики. За I квартал 1939 г. в Казахской, Киргизской, Северо-Осетинской, Башкирской, Карабарино-Балкарской республиках, Винницкой, Куйбышевской, Харьковской областях построены 21 электростанция. Всего в 1939 г. будет выстроено 174 колхозных тепловых и гидроэлектростанций на общую мощность 12 678 kW.

Среди многочисленных образцовых хозяйств добившихся своей прекрасной производственной работой чести быть показанными на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке, находится ряд электрифицированных совхозов и колхозов, в производственных успехах которых немаловажную роль сыграло электричество. Так, в павильоне Московской области показаны достижения высокомеханизированного и электрифицированного совхозного совхоза «Большевик» Серпуховского района, молочно-животноводческого совхоза «Лесные поляны», колхоза им. Тельмана Раменского района и др. В последних двух названных хозяйствах, имеющих коров — рекордисток по удою, с большим эффектом применяется электродойка коров советскими трехтактными доильными аппаратами.

Теперь можно говорить не только об отдельных электрифицированных хозяйствах, но и о целых сельскохозяйственных районах нашего Союза, где электричествоочно и широко вошло в сельскохозяйственное производство и был колхозников. Наиболее ярким примером этого служит Запорожский район, непосредственно прилегающий к Днепровской гидроэлектростанции им. Ленина, — первый район широкой электрификации сельского хозяйства. Из 80 колхозов Запорожского района электрифицировано 76 колхозов. Эти колхозы обслуживаются 6 специальными подстанциями 35/6 kV и 154 трансформаторными киосками общей мощностью 12 295 kVA.

Потребление электроэнергии сельским хозяйством Запорожского района достигло в 1938 г. 16,5 млн. kWh. В колхозах района имеется: 26 000 светоточек, 2500 радиоточек, электрифицированных молотильных агрегатов — 80, электротеплиц — 9500 m², электропарников — 7800 m², электроорошающей земли — 2100 ha, 5 электродоильных установок, 3 электрифицированных птицефермы, 3 электро-тепловентиляционных установки в животноводческих помещениях и т. п.; около

электродвигателей на общую мощность 10 kW приводят в движение кормоприготовительные машины, мельницы, насосы для водоподжения и орошения, станки ремонтных мастерских. В соседней Днепропетровской области электрифицировано 433 колхоза и 20 МТМ и МТС. Установленная мощность электроустановок в ней достигла в 1938 г. 22 000 kW, из которых на моторную нагрузку падает 17 000 kW.

Начало третьей пятилетки намечает широкую электрификацию еще целого ряда районов. Для удовлетворения потребностей колхозов, совхозов и других промышленных предприятий намечено построить в третьей пятилетке 6500 мелких электростанций общей мощностью 800 000 kW.

Завершением показа на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке достижений колхозного строительства является большой раздел выставки «Новое в деревне». Здесь показаны в натуре сооружения, типичные для советской деревни: большой колхозный клуб, неполная средняя школа на 250 человек, помещение сельсовета, почтовое отделение, телефонный коммутатор, радиоузел, детские ясли, родильный дом. Показаны усадьба МТС, машинотракторная мастерская, колхозный двор с хозяйственнымистройками, колхозно-товарная ферма и т. д. Естественно, что в этом разделе электричеству отведено почетное место. Колхозная электростанция с нефтяным двигателем мощностью в 75 л. с.

обслуживает всех потребителей и, в частности, полностью электрифицированную машинотракторную ремонтную мастерскую, в которой установлено для привода станков, вентиляции и т. п. около 40 электродвигателей мощностью от 0,25 до 23 kW. Яркий электрический свет в домах колхозников и на улицах новой деревни — убедительное доказательство зажиточности и культурности советского села.

Всесоюзная сельскохозяйственная выставка 1939 г. является грандиозной школой социалистического земледелия. Она даст мощный толчок социалистическому соревнованию колхозов и колхозников и всех работников сельского хозяйства для умножения достижений сельского хозяйства. Она будет содействовать подтягиванию всей массы колхозов и совхозов до уровня передовых с тем, чтобы обеспечить дальнейший неуклонный подъем производительности труда в сельском хозяйстве, рост изобилия сельскохозяйственных продуктов, зажиточности и культурности колхозных масс.

Всесоюзная сельскохозяйственная выставка 1939 г. демонстрирует непоколебимую преданность широчайших масс колхозной деревни своей социалистической родине, любимому вождю, другу, учителю — родному Сталину, под руководством которого трудящиеся Советского Союза завоевали счастливую жизнь.

Электрификация сельского хозяйства в районах ирригации Заволжья

Н. А. САЗОНОВ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

КУЙБЫШЕВСКАЯ гидроэлектростанция коренным образом изменит в Заволжье технику сельскохозяйственного производства. Мощные ирригационные сооружения направят волжскую воду на орошение миллионов га земли, занятой под сельскохозяйственными культурами, и огромный и, периодически испытывавший неурожай из-за засухи, превратится в надежную и богатую житницу СССР.

Электрическая энергия Куйбышевской станции приведет в действие тысячи сильные электродвигатели и насосы для перекачки воды из реки в ирригационные сооружения; с помощью электронакосов вода будет распределяться по полям и, наоборот, механическое дождевание, которое, несомненно, придет на смену крайне неэкономичной системе самотечного орошения, свое наиболее рациональное разрешение найдет также на базе электроэнергии.

Наличие же в связи с этим сравнительно густой сети насосных электроподстанций и соединяющих их линий электропередачи, представляющих собой в целом мощную и разветщенную электрическую систему, создает в районах ирригации

Заволжья весьма благоприятные условия для осуществления электрификации сельскохозяйственного производства и быта. Этому в значительной степени будет благоприятствовать также дешевизна электроэнергии и несовпадение максимумов ирригационной и сельскохозяйственной нагрузки.

В настоящее время развернута работа по составлению технического проекта Куйбышевского гидроузла. В этой работе принимает активнейшее участие научная и инженерно-техническая общественность нашей страны. Поэтому следует установить основные принципы электрификации сельского хозяйства в районах ирригации Заволжья, подвергнуть обсуждению имеющиеся спорные вопросы и добиться того, чтобы эти районы превратились в такие, о которых говорил на XVI съезде ВКП(б) товарищ Сталин, в связи с вопросом электрификации сельского хозяйства нашего Союза.

В настоящей статье сделана попытка дать в самом грубом приближении краткую качественную и количественную характеристику сельского хозяйства как потребителя электроэнергии Куйбышевской

шевской гэс, с учетом имеющегося опыта отдельных районов нашего Союза и в первую очередь опыта широкой электрификации с. х. в Запорожской области УССР.

Сельскохозяйственное производство в отличие от промышленности и транспорта имеет ряд особенностей. К числу этих особенностей сельского хозяйства необходимо отнести: сезонность производственных операций; большую разреженность потребителей по площади; сравнительно малую мощность отдельных потребителей; сравнительную кратковременность большинства операций.

Из всего многообразия производственных процессов, имеющих место в сельском хозяйстве в зоне Куйбышевской гэс, могут быть охвачены электрификацией полностью или частично следующие производственные процессы, кроме ирригации. А) Полеводство: обработка почвы, уборка, зерноочистка, дезинсекция и сушка зерна. Б) Животноводство: кормоприготовление, водоснабжение, дойка, стрижка, чистка животных, вентиляция и отопление, подогрев воды, откачка навозной жижи, переработка молока, освещение производственных помещений. В) Овощеводство: обогрев парников и теплиц, добавочное электрическое освещение в теплицах, полив. Г) Ремонтные мастерские: привод станков в мастерских, сварка, освещение мастерских.

Наличие в зоне Куйбышевской гэс дешевой электроэнергии позволяет широко осуществить применение электричества в быту населения и, в частности, для водоснабжения усадеб и мест общественного пользования; освещения мест общественного пользования; освещения жилищ и для бытовых приборов.

Электрификация животноводческого хозяйства (внутриусадебного) на сегодня является наиболее полно разработанной и широко проверенной в практике нашего сельского хозяйства, и охват электрификацией животноводческих колхозно-товарных ферм и совхозов в районах Заволжья должен быть наиболее полным.

Бесспорным является также 100%-ный охват электрификацией всех машинотракторных станций и ремонтных мастерских. Электропривод станков, электрическая сварка и электрическое освещение являются сейчас необходимым элементом оборудования всякой технически современной механической мастерской.

То же самое относится и к применению электричества в быту населения и в первую очередь для освещения мест общественного пользования и жилищ.

Энергетической базой электрификации в районах ирригации Заволжья, как это было указано выше, должны явиться водоносные 110/35-кВ электроподстанции ирригационной системы. Исходя из экономического радиуса действия 35-кВ напряжения, можно определить и размер площади, охватываемой электрификацией с. х. в первую очередь. По произведенным расчетам зона электрификации вокруг каждой такой электроподстанции может быть ограничена радиусом 60 км. Отсюда общая площадь, находящаяся в зоне электрификации с. х., по всем 7 массивам ирригации определится примерно в 7,5 млн. га,

из них на Южный массив приходится примерно 4,5 млн. га.

Количество объектов электрификации (колхозы, колхозно-товарных ферм, совхозов, МТС и МП) в орошаемых массивах, которое мы имеем ввиду в подсчетах, взято по данным Нижневолжского проекта о развитии сельского хозяйства на 1940 (табл. 1). Само собой разумеется, что эти данные имеют сугубо относительный характер, но анализы и критика этих данных не входят в нашу задачу более того, что могущие быть коррективы их изменят по существу принципиальной картины возможного развития электрификации сельского хозяйства в районах ирригации Заволжья.

Таблица

Название	Количество
Площадь всей зоны электрификации (с населением 415 тыс. чел.)	7750 тыс. га
В том числе	
Площадь орошаемая	938,6 . . .
Площадь, обрабатываемая под с.-х. культуры	2817,6 . . .
Колхозы и совхозы	747 . . .
Общее поголовье скота (лошади, крупный рогатый скот, свиньи, овцы)	2 млн. голов
Ремонтных мастерских	139

Сделав эти предварительные замечания, перейдем к характеристике конкретных потребителей. Животноводство. Из всех производственных процессов внутриусадебного характера, которые имеют место в животноводческом хозяйстве, необходимо с точки зрения наибольшей эффективности и реальных возможностей освоения в первую очередь охватить электрификацией на 100% такие процессы, как кормоприготовление, водоснабжение, стрижка овец и освещение животноводческих помещений. Остальные же процессы, как доение, вентиляция и отопление, подогрев молока, откачка навозной жижи, переработка молока и чистка животных, по тем же соображениям охватываются электрификацией лишь на 50%, с тем, что в последующие годы по мере освоения нового оборудования эти процессы будут электрифицированы полностью.

Не останавливаясь на описании отдельных электрифицированных машин и установок, служащих животноводческое хозяйство, которые найдут себе применение в районах Заволжья, и не давая их эксплуатационных характеристик, которые были нами учтены при расчетах присоединенной мощности, графика нагрузки и потребления электроэнергии, приведем здесь лишь итоговую таблицу (табл. 2) основных показателей, характеризующих животноводство как потребителя электроэнергии.

Ремонтные мастерские. Типовые проекты электрификации ремонтных машинотракторных мастерских, разработанные Всесоюзным институтом механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ) и принятые НКЗ Союза, предусматривают в среднем присоединенную мощность на одну мастерскую в 75 кВт. При круглогодово-

Таблица 2

Процесс	Охват электрич. %	Присоед. мощн. на голову, W	Год граф. работы	Максим. потр. мощн.	Среднее число часов использо- в. в мес.	Потребл. эл.- энергии в год—, млн. kWh	Удельн. расх. эл- энергии в год, kWh	Примечание
Приготовление	100	4,5÷7,5	Круглый год	36 000	90	61,0	32	На голову в среднем
Водоснабжение	100	4,0	То же	3800	180	16,5	8	То же
Обогрев помещений для животных	100	5,0	.	8600	90	14,7	8	.
Чистка овец	100	0,3	2 мес.	160	200	0,52	0,06	.
Дрение коров	50	30	Круглый год	2510	150	4,5	50	.
Вентиляция свинарников и телятников	50	250	4 мес.	25 700	450	72,5	560	На свиноматку
Подогрев воды	50	40	Круглый год	16 000	270	130,0	130	На корову и свиноматку
Оточка жижи	50	0,75	То же	75	60	0,54	0,5	На голову
Переработка молока	50	25	.	480	60	1,51	20	На удойную корову
Чистка животных	50	10	.	770	90	3,5	10	На голову

работе в 2 смены число часов использования в месяц будет составлять 200. Тогда при 100%-ном охвате электрификацией всех МТМ максимально потребная мощность составит 5230 kW; потребление электроэнергии в год 25,07 млн. kWh и удельный расход электроэнергии на одну МТМ — 180 000 kWh в год.

Бытовая электрификация. Водоснабжение мест общественного пользования (школа, клуб, больница) и жилых усадеб осуществляется от электроавтоматических башенных или безбашенных становок по проектам, разработанным ВИМЭ и проверенным на ряде опытных установок. Годовой расход электроэнергии на один двор в среднем составляет 70 kWh.

В качестве средних норм на установленную мощность светильников для электрического освещения мест общественного пользования и жилых домов нами приняты, исходя из опыта электрификации сельскохозяйственных районов, следующие: для мест общественного пользования — 2000 kWh, для жилых помещений на двор — 150 kWh.

В качестве электробытовых приборов в настоящее время распространены: электрические чайники, электрические утюги и электроплиты. Предполагаем, что в рассматриваемых нами районах лишь в 10% колхозных дворов будет тот или иной электроприбор мощностью 500 W с годовым числом часов использования 720 h.

Тогда в итоге по бытовой нагрузке будем иметь максимально потребную мощность в 13 500 kW и потребление электроэнергии в год 33,2 млн. kWh, что составит в среднем на одного человека в год 80 kWh.

Полеводство. Обработка почвы является самым энергоемким производственным процессом полеводства. Однако применение для обработки почвы в качестве тяговой машины электрического двигателя вместо двигателя внутреннего сгорания военного последнего времени не могло иметь места из-за технического несовершенства элек-

трифицированных полевых машин. Принцип канатной тяги, на протяжении ряда лет лежавший в основе опытной работы по электропахоте, являлся технически устаревшим принципом, не отвечающим современным агротехническим требованиям, и поэтому он в настоящее время оставлен. В течение последних двух лет ведется успешная научно-исследовательская работа по использованию для электропахоты принципа электротрактора. Выполненные опытные образцы электротракторов на базе трактора ЧТЗ-60 и на базе трактора СХТЗ-гусеничный путем замены двигателя внутреннего сгорания на электрический двигатель трехфазного тока с питанием через гибкий кабель от полевой электросети в течение этих лет на полевых испытаниях в Энгельской ЭМТС (республика немцев Поволжья) показали удовлетворительную работоспособность для условий полевых работ.

Наиболее удобным из двух указанных типов электротракторов для условий орошаемых районов в смысле маневренности и проходимости через оросительные каналы следует признать электротрактор на базе СХТЗ-гусеничный, над усовершенствованием которого и будет продолжаться работа в дальнейшем. Есть все основания предполагать, что к моменту электрификации сельского хозяйства в зоне Куйбышевской ГЭС мы будем иметь вполне работоспособную электрифицированную тяговую машину для полевых работ, которая, не требуя для себя жидкого горючего и обладая тяговыми преимуществами, свойственными электрическому двигателю, в условиях наличия дешевой электроэнергии явится конкурентно-способной машиной с современными тепловыми тракторами. При всех процессах обработки почвы (пахота, культивация, боронование) и при посеве электротракторы используют существующий тракторный инвентарь массового производства.

Поскольку для питания электротракторов требуется сравнительно густая полевая сеть, могут быть использованной одновременно и для

электрифицированных дождевальных машин, применение электротракторов будет более целесообразным и эффективным в орошаемых районах, чем в неорошаемых. Поэтому при определении степени электрификации обработки почвы мы принимаем, что электротракторы будут применяться в первое время только в орошаемых районах и, в частности, в Южном массиве, где уже есть в настоящее время работающие на полях электротракторы. Площадь под электропахотой принимаем как минимум в 20% от орошающей площади в Южном массиве, что равняется 300 тыс. га. Для обслуживания этой площади потребуется 150 электротракторов. Имеются все основания предполагать, что действительность значительно увеличит эту скромную цифру.

В районах, обслуживаемых электротракторами, могут применяться электрифицированные комбайны, отличие которых от обычного заключается в замене комбайнового двигателя внутреннего сгорания, приводящего в движение через многочисленные цепные передачи отдельные рабочие органы комбайна, несколькими электрическими двигателями меньшей мощности, установленными непосредственно у рабочих органов комбайна и питаемыми через кабель от электротрактора. Преимущество много-моторного электропривода на комбайне в сравнении с обычными от теплового двигателя заключается: в независимой работе отдельных рабочих органов комбайна друг от друга, благодаря чему повышается производительность машины и качество работы; в сокращении большого числа цепных передач, являющихся одной из причин простое комбайна; в пожарной безопасности электрических коротко-замкнутых двигателей.

Кроме того, наличие на комбайне электрической энергии позволяет легко осуществить ночную работу на уборке при электроосвещении.

Так как комбайны работают в течение года не более одного месяца, небольшие электродвигатели, установленные на них, могут быть после уборочной кампании применены для других нужд, и тем самым может быть повышен их коэффициент годового использования. Расход электроэнергии на уборку одного га с применением электроосвещения ночью, помимо расхода на электротрактор, составляет 10 kWh.

Количество электрифицированных комбайнов определяется в зависимости от количества электротракторов, и их применение предусматривается поэтому только в Южном массиве.

Зерноочистительные машины, предназначенные для работы непосредственно в поле, в настоящее время приводятся в движение бензиновыми двигателями мощностью 6 л. с.

Для районов зоны Куйбышевской гэс следует считать, что все зерноочистки полевого и колхозного типа работают с электроприводом. В результате будет иметь место экономия высокосортного жидкого топлива — бензина. Удельный вес электроэнергии составляет 1 kWh на тонну зерна. Расчет присоединенной мощности производится, исходя из количества зерна.

Электрический дезинектор — сушилка основана на принципе прогрева зерна инфракрасными лучами, излучаемыми накаленной проволокой. Инфракра-

сные лучи являются наиболее эффективными в смысле лучшего и равномерного прогрева зерна и в отношении дезинсекции зерна от насекомых-вредителей. Последнее основывается на большой поглощающей способности указанных лузерном и вредителями. В машине в качестве источника инфракрасных лучей применены спиральные лазевые проволоки, нагреваемые электрическим током.

Испытания опытных образцов, проведенные 1937—1938 гг., дали вполне благоприятные результаты. В наших расчетах предполагаем, что дезинсекция подвергается только семенной материал, составляющий примерно 5% от урожая. Удельный расход электрической энергии в зависимости от культуры и влажности составляет 35 kWh на тонну.

Большой хозяйственный эффект, получаемый от этой машины, особенно для семенного зерна при наличии дешевой электроэнергии в зоне Куйбышевской гэс, дает основания считать, что такими машинами должен быть обслужен весь семенной материал.

Ниже приведем итоговую таблицу, характеризующую полеводство как потребителя электрической энергии (табл. 3).

Таблица 3

Процессы полеводства	Обхват земл., тыс. га	Присоед. мощн.	Годов график работы, мес.	Макс. потреб. мощн., kWh	Среднее число час. исполь- зов. в месяц	Потреб. эл.-энергии в год мин. kWh	Удельный рас-ход эл. энер-гии в kWh
Обработка поч- вы	300	30	7	7600	300	16,0	45 на га
уборка	225	20	1	3380	600	3,6	16 . .
Зерноочистка .	4147	0,3	2	993	600	1,38	1 на тонну
Дезинсекция .	4147	2,5	3	3075	300	9,4	35 . .

Овощеводство. В районах с дешевой электроэнергией создаются особо благоприятные условия для выгонки ранних (весенних) овощей и для получения свежих овощей в течение зимы. Это в первую очередь относится к пригородным хозяйствам, откуда наиболее удобен транспорт овощей в город. Применяемый в настоящее время обогрев парников навозом и теплиц боровыми печами сопряжен с большими затратами труда, расходованием топлива и навоза, являющегося ценным удобрением, и в результате себестоимость продукции получается весьма высокой. При всем этом зимняя выгонка ряда овощей вообще является невозможной, так как для растений, помимо тепла, требуется и достаточная освещенность.

Единственно возможным и вместе с тем вполне эффективным с народнохозяйственной точки зрения способом получения свежих овощей — лука, огурцов, помидоров и т. п.—в течение зимы и ранней весной является парниковое и тепличное хозяйство с электрическим обогревом и с электрическим освещением в качестве дополнительного к естественному. За это говорит массовый опыт эксплуатации электрифицированных парников и теплиц в колхозах Запорожской области, располагающих электроэнергией от Днепровской гэс им. Ленина.

В 1939 г. в колхозах этого района насчитывается около 100 электрифицированных теплиц с общей площадью до 9500 m².

По системе, разработанной Днепропетровским институтом ВИМЭ и проверенной на опыте многих хозяйств, обогрев теплиц и парников осуществляется с помощью цементных труб с трапецеобразным сечением, изготавляемых на месте, в которых проложен оцинкованный железный провод.

Установленная мощность на обогрев составляет: в парниках 150 W на одну раму; в теплицах 170 W на 1 m².

Удельный расход электроэнергии составляет: в парниках за период выращивания рассады 125 kWh на раму; в теплицах за вегетационный период 300 kWh на 1 m².

С целью восполнения недостатка в освещенности в теплицах зимой успешно применяется электрическое освещение мощными лампами.

В результате научно-исследовательской и опытной работы установлено, что мощность электрической лампы должна составлять 500 W/m² площади. При освещенности одновременно 50% площади устанавливаемая мощность составит 250 W/m².

Удельный расход электроэнергии на дополнительное электрическое освещение в теплицах за один вегетационный период составляет 150 kWh/m².

Количество электрифицированных парников и теплиц в зоне Куйбышевской ГЭС, главным образом в Междуреченском, Бузенчукском и Южном массивах, где будут наиболее развиты пригородные хозяйства, на первое время может быть определено в 30 га, из которых на 10 применяется дополнительное электроосвещение (табл. 4).

Таблица 4

Процессы овощеводства	Присоединение мощности в kW/га	Годовой график работы мес.	Сред. число часов использования в мес.	Потребл. эл.-энергии в год в млн. kWh	Удельный расход эл.-энергии на га в тыс. kWh
Обогрев теплиц и парников дополн. эл.-освещение в теплицах .	1700	6	300	92,0	3000
	2500	4	150	14,6	1500

Рассмотрев, таким образом, отдельных сельскохозяйственных потребителей в зоне Куйбышевской ГЭС и определив масштаб охвата электрификацией различных отраслей производства и быта, приведем суммарную таблицу потребления электроэнергии описанными выше потребителями (табл. 5).

Если принять в качестве энергобазы для электрификации сельского хозяйства не только 35-kV водонасосные электроподстанции ирригационной системы, но и тяговые подстанции электрифицированных железных дорог: Пенза — Куйбышев — Белебей и Ульяновск — Куйбышев — Саратов и если ограничить на первое время (на 1947 г.) зону электрификации с. х. вдоль железной дороги шириной в 40 km, мы получим расширение общей зоны на 3000 тыс. га.

Не имея для этой зоны каких-либо цифровых

Таблица 5
Суммарное потребление электроэнергии

Потребитель	Присоед. мощность в тыс. kW	Сред. число часов использования в год	Годовое потребление электроэнергии	
			млн. kWh	%
Полеводство	25,0	1200	30	6,0
Животноводство	152,5	2000	305	61,0
Овощеводство .	76,0	13 0	106,6	21,0
Ремонт	10,5	2400	25	5,0
Быт	21,9	1500	33,2	7,0
Итого . . .	286	1800	500	100

ловья скота, можно определить максимальную потребную мощность и годовое потребление электроэнергии сельским хозяйством, исходя из средней удельной мощности и расхода энергии, приходящейся на 1 га площади. Предполагая направление хозяйства как овощно-животноводческое и учитывая возможное развитие электрифицированных теплиц и парников, примем для ориентировочных подсчетов, что плотность электронагрузки в указанной зоне составляет на один га 10 W и потребление электроэнергии в год 40 kWh. Отсюда максимально потребляемая мощность составит 30 000 kW, а годовое потребление электроэнергии — 120 000 тыс. kWh.

Таким образом на 1947 г. общее потребление электроэнергии сельским хозяйством от Куйбышевской ГЭС при сравнительно скромных масштабах электрификации с. х., принятых нами здесь, достигает цифры в 620 млн. kWh в год.

Суммарный примерный годовой график потребления электроэнергии сельским хозяйством в зоне Куйбышевской ГЭС представлен на рис. 1. Из него можно видеть, что основная нагрузка от электрификации с. х. падает на зимние месяцы (январь, февраль, ноябрь, декабрь). В летние месяцы (с мая по октябрь) она снижается почти наполовину. Такой характер годового графика расхода электроэнергии на электрификацию с. х. весьма удачно согласуется с годовым графиком

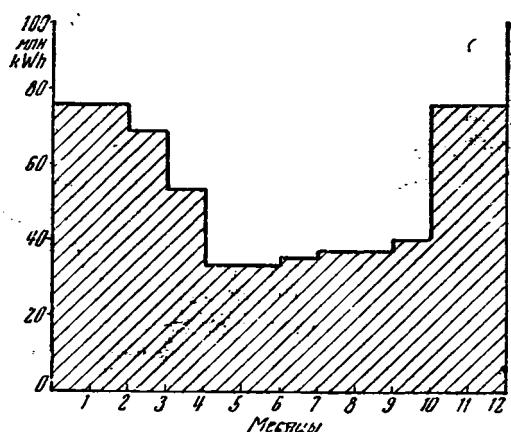


Рис. 1. Годовой график потребления электроэнергии

водоносных подстанций от ирригационной нагрузки, падающей, главным образом, на летние месяцы.

Структура общего потребления электроэнергии сельским хозяйством (опять-таки без ирригации) в разрезе моторной, тепловой и осветительной нагрузки представлена на следующей диаграмме (рис. 2).



Рис. 2. Структура потребления электроэнергии в сельском хозяйстве

потребления электроэнергии в промышленности, где преобладает моторная нагрузка. Но если учесть, что наиболее энергоемкие в сельском хозяйстве полеводческие процессы электрификации пока широко не охватываются (главной силовой машиной остается тепловой трактор), и что в животноводстве по характеру внутриусадебных производственных процессов тепловая нагрузка берет на себя 75% всей потребляемой энергии, а тепло-парниковое хозяйство почти целиком представляет тепловую нагрузку, то станет вполне понятным полученное соотношение нагрузок.

Дальнейшее развитие электрификации сельского хозяйства в районах ирригации Заволжья пой-

дет по пути еще большего расширения зон электрификации за счет сооружения новых сельскохозяйственных 35-кВ питательных подстанций и 35-кВ ответвлений («усов») от тяговых железных дорог электроподстанций, а также по пути более широкого охвата электрификацией производственных процессов сельского хозяйства и, в частности, процессов, связанных с полевыми работами.

Произведенные нами ориентировочные расчеты показывают полную реальную возможность отличить к 1952 г. потребление электроэнергии сельскохозяйственных районах Заволжья минимум в два раза, т. е. до 1300 млн. kWh в год в зимнем максимуме нагрузки в 300 тыс. kW.

Народнохозяйственный эффект от электрификации сельского хозяйства районов ирригации Заволжья скажется, во-первых, в экономии рабочей силы (по крайней мере 50%), благодаря замене ручного труда электрическими двигателями и нагревательными приборами, особенно в животноводческом хозяйстве.

Вторым важным результатом электрификации является значительное сокращение завоза в эти районы жидкого горючего, главным образом для стационарных двигателей внутреннего сгорания для освещения. И, наконец, третьим результатом электрификации, который трудно переоценить, является то, что она внедрит в сельскохозяйственное производство новую технику, высоко поднявшую производительность труда и повышающую культуру производства, и вместе с этим явится мощным фактором дальнейшего культурно-политического роста широких масс колхозников.

О системе электроснабжения сельскохозяйственных районов Заволжья

А. Г. ЗАХАРИН

Госсознзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

ЗАДАЧА распределения электроэнергии на огромных территориях районов Заволжья представляет техническую проблему большого народнохозяйственного значения, требующую специального и весьма тщательного изучения. При всем том большом хозяйственном и культурном значении, которое имеет электрификация производства и быта в деревне, она требует значительных материальных и денежных вложений в сетевое хозяйство, которые достигают цифр 1500 руб. и 300 kg металла на каждый установленный киловатт. Отсюда понятно, какую актуальность приобретает рациональное и экономичное решение вопроса при больших масштабах электрификации, определяемых цифрами в сотни тысяч киловатт.

В статье показаны некоторые основные техно-экономические особенности сельскохозяйственной энергетики, на основе которых сделана попытка

дать основные принципы рациональной системы электроснабжения и определить в первом приближении ее важнейшие техно-экономические параметры.

Своей особенностью энергетики сельскохозяйственных районов является малая плотность нагрузки и потребления электроэнергии на единицу площади и небольшая мощность большинства потребителей. Исключение из этого правила в условиях электрификации орошаемых районов Заволжья должно быть сделано для мощных насосных станций и электрифицированных теплиц и парников, которые являются крупными сосредоточенными потребителями. Однако они располагаются преимущественно в непосредственной близости к питательным пунктам 110 и 35 kV и поэтому при проектировании собственно распределительных сетей высокого и низкого напряжения их не придется учитывать.

ные потребители в условиях Заволжья сосредоточены в небольших населенных пунктах, расположенных на расстоянии многих километров друг от другого. Мощность, потребляемая каждым таким пунктом, в среднем составляет 20—50 kW и редко превосходит 100 kW, а нагрузка отходящих от него сетей низкого напряжения тоже во много раз меньше, чем в городах. В качестве иллюстрации высказанных положений приводим характерные показатели сетей в двух районах и ориентировочные данные по Заволжью. Запорожский район — плотность нагрузки по присоединенным потребительским подстанциям 35 kW/km², удельная протяженность высоковольтных линий 0,29 kW/km; Сапожковский район Рязанской области — плотность нагрузки 2,8, удельная протяженность 0,3, погонная нагрузка высоковольтных линий 5 kW/km; Заволжье — плотность нагрузки 1,5—3,5 в 1947 г. и 2,5—5 в 1952 г. Условия Заволжья характеризуются, с одной стороны, малой плотностью населения (5—20 чел./km²), с другой, — намечаемым более полным потенциалом электрификации производственных процессов сельского хозяйства. Эти два противоречивых фактора и приводят нас к тем показателям, которые указаны выше.

При таких условиях возможно установить несколько отправных принципов, которые должны быть положены в основу всех последующих расчетов.

Можно показать, что экономический минимум ежегодных расходов в сельскохозяйственных линиях как высокого, так и низкого напряжения лежит далеко за пределами допустимых потерь напряжения. Поэтому выбор сечения проводов следует производить, исходя лишь из максимальной допустимой потери напряжения.

Применение простых и дешевых сетевых регуляторов напряжения (с одной или двумя ступенями регулирования, подобно конструкциям, разработанным ВИМЭ) позволяет нам увеличить расчетную потерю напряжения в проводах, не увеличивая колебаний напряжения у потребителя. Поэтому регулирование напряжения в сетях, особенно при дешевой электроэнергии Куйбышевской ГЭС, облегчает сети, приближает нас к экономическому минимуму и поэтому является обязательным условием для правильно построенной сети.

Крайне важным экономическим показателем любого сооружения является соотношение между величиной капиталовложений и суммой всех ежегодных расходов. В сельскохозяйственных сетях благодаря высокой первоначальной стоимости ежегодные отчисления на амортизацию и ремонт оборудования при правильной эксплоатации определяются цифрами порядка 75—150 руб. на kW в год, в то время как стоимость потерь энергии, особенно в условиях Заволжья, не превышает цифры 10—20 руб. в год. Поэтому, не вдаваясь в подробный анализ сравнительных расчетов, мы можем сказать, что величина капиталовложений является важным экономическим критерием при проектировании сельскохозяйственных сетей.

Ввиду преобладающего значения этого экономического фактора в сельскохозяйственных сетях, вообще и в сетях Заволжья в особенности мини-

мум ежегодных расходов практически совпадает с минимумом капиталовложений.

Перейдем к определению основных технических и экономических параметров системы электроснабжения районов Заволжья.

Система распределения электроэнергии. Благодаря работам, проводившимся в течение ряда лет в лаборатории электрификации с. х. ВИМЭ, можно сейчас утверждать, что все основные вопросы технического порядка, связанные с глухим заземлением высоковольтной сети в с. х., получили удовлетворительное разрешение. Поэтому, учитывая значительные экономические преимущества и имеющийся опыт эксплоатации за семь лет, в настоящее время нет никаких оснований ограничивать область применения заземленных сетей для всех напряжений от 3 до 35 kV включительно.

Имеются две системы заземленных сетей.

Система «два провода — земля» с заземленной фазой использует землю в качестве одного из фазных проводов, позволяя заменить трехпроводные магистрали двухпроводными.

Система с заземленной нулевой точкой предполагает применение однофазных трансформаторов (отдельно и в трехфазных группах); она сохраняет все три провода на магистрали, используя землю в качестве нулевого провода, но позволяет рассчитывать изоляцию сети на фазное напряжение, и, например, сохраняя аппаратуру на 10 kV, поднять напряжение сети¹ до 17 kV.

Основным параметром, определяющим экономику высоковольтной сети, является радиус ее действия. Экономический радиус действия в наиболее общем случае зависит от большого числа независимых переменных, причем некоторые переменные не могут быть определены с достаточной точностью; однако отмеченные выше специфические особенности сетей позволяют значительно упростить задачу, так как экономическое решение может быть найдено из условий минимума капитальных затрат при максимально допустимой потере напряжения в сети. Принимая равномерно распределенную плотность нагрузки P_b (kW/km²) и полагая, что снабжение района производится из одного питательного пункта радиальными магистралями, мы получим расчетную схему, представленную на рис. 1, в которой магистраль нагружена распределенной нагрузкой, равномерно разраспающейся от начала к концу, и может иметь на конце ответвление, пытающеесосредоточенную нагрузку. При этих условиях радиус действия сети

$$r = C \sqrt{\frac{\epsilon U^2}{R P_b}},$$

где R — сопротивление проводов магистрали в Ω/km , ϵ — потеря напряжения в процентах, C — коэффициент, зависящий от числа фидеров, отходящих от питательного пункта. При нормальном числе фидеров $n = 5—7$ этот коэффициент, как показали подсчеты, может быть принят равным $C = 0,023—0,027$, в среднем $C = 0,025$. Учитывая

¹ См. Захарин, Бузако, Смешанная система распределения электроэнергии в сельскохозяйственных районах, «Электричество» № 1, 1939.

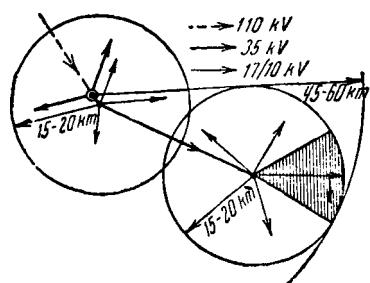


Рис. 1. Расчетная схема питательного пункта с радиальными магистралями

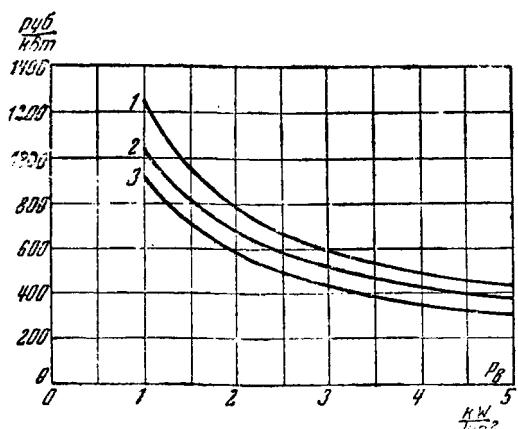


Рис. 2. Стоимость высоковольтной распределительной сети и подстанций для различных систем
1 — обычная трехфазная 10 кВ, 2 — система 10 кВ с использованием земли;
3 — смешанная система 17/10 кВ с заземленной нулевой точкой

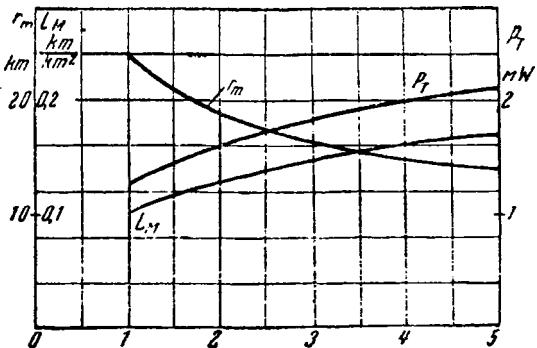


Рис. 3. Показатели сети 17/10 кВ; r_m — радиус действия в км; L_m — удельная длина магистралей в км/км²; P_T — мощность 35-кВ подстанции в кВА

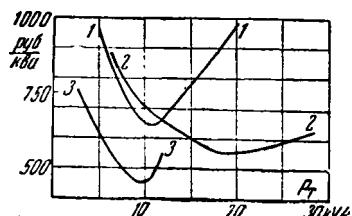


Рис. 4. Стоимость потребительской трансформаторной подстанции в зависимости от мощности подстанции и типа низковольтной сети
1 — железные провода, 2 — медные провода, 3 — смешанная система

возможность регулирования напряжения в сети, можно принять $\varepsilon = 10\%$, и тогда не предстает труда определить стоимость высоковольтной распределительной сети вместе с питательной подстанцией и подходящей магистралью 35 кВ. Такие подсчеты были проделаны для различных систем распределения электроэнергии и различных материалов и сечений проводов магистрали. Результаты их представлены на рис. 2.

Как видим, при электрификации больших сельскохозяйственных районов повышение напряжения свыше 10 кВ представляет несомненные преимущества. Наиболее экономичной оказывается система 17 кВ с заземленной нулевой точкой, которая позволяет охватить из одного питательного пункта площадь в два с лишним раза больше, чем другие системы. На рис. 3 представлены технические показатели подобной сети в зависимости от расчетной плотности нагрузки. При предполагаемой в Заволжье плотности нагрузки 1,55 kW/km² мы сможем охватить из одного центра окружность радиуса 15—20 км (для обычной трехфазной сети 10—15 км), а радиус действия питательного пункта 110 кВ (рис. 1) будет равен 45—60 км. Мощность подстанции 35/17 кВ окажется равной в среднем 1500—2000 кВт.

Мощность потребительской трансформаторной подстанции определяет капиталовложения в эту подстанцию и в низковольтную сеть. На рис. 4 представлены характерные кривые стоимости для трехфазной сети 380/220 В, при плотности нагрузки на низковольтную сеть 5 kW/km. Мы видим из рис. 4, что при существующей трехфазной системе применение железных проводов в низковольтной сети оказывается невыгодным с точки зрения капиталовложений. Особенно неэкономичны витые железные провода, которые дают расход до 80% для подстанций мощностью 20 kVA. Однако расход цветных металлов в сельскохозяйственной сети нецелесообразен с национальной точки зрения. Следовательно, существующая трехфазная система распределения благодаря высокой стоимости потребительских трансформаторных подстанций не может дать рационального экономического решения.

Рационализация системы должна итити по линии упрощения и удешевления подстанции, что позволит применить меньшие мощности и использовать сплошные железные провода. Таким образом мы логически приходим к той же смешанной системе распределения энергии с дешевыми однфазными подстанциями, которая оказалась на более выгодной с точки зрения высоковольтной сети. Стоимость капиталовложений для смешанной системы представлена на том же рис. 4 (правая 3), из которой видно, что получаемая экономия достигает 30% в сетях с железными проводами и 15% по сравнению с сетями с медными проводами.

Экономическая мощность однофазных трансформаторных подстанций в зависимости от конфигурации сети находится в пределах 5—10 кВ, что позволяет размещать их на простых опорах с совмещением линий высокого и низкого напряжений. Таким образом трансформаторная подстанция перестает существовать как самостоятельный элемент сети, превращаясь в трансформатор, подвешенный на одном из столбов линии.

Низковольтная сеть в этой системе выполняется однофазной трехпроводной (2 × 220 В) на сплошных железных проводах и может быть как осветительную, так и мелкомоторную нагрузку, так как применение мелких однофазных троходвигателей (с конденсаторным, репульсивным или дроссельным пуском) не представляет в

шее время каких-либо затруднений: в США двигатели строятся и широко применяются сельскохозяйственных установках. Для более высоких сосредоточенных силовых нагрузок используется трехфазное питание, для летней сезона нагрузки легко могут быть использованы группы однофазных трансформаторов из незаряженной в это время осветительной сети.

Таблица 1

мощность кВА	Однофазные трансформаторы				Трехфазные трансформаторы			
	напряжение V		вес меди kg/kVA	отношение потерь головой к.п.д., %	напряжение V		вес меди kg/kVA	отношение потерь головой к.п.д., %
	высш.	низш.			высш.	низш.		
3	10 000	230	2,35	3,1	90,0	—	—	—
5	10 000	2×230	1,8	4,0	91,3	10 000	400/230	4,0/2,05
10	10 000	2×230	1,4	4,4	93,2	10 000	400/230	2,6/2,4
20	—	—	—	—	—	10 000	400/230	1,8/2,7

Очень важным качественным показателем системы распределения являются такие факторы, как потери энергии и вес меди в обмотках трансформатора. Если потери в сети определяются отпускаемой величиной потери напряжения и при прочих равных условиях могут считаться постоянными, то потери в железе и вес меди трансформаторов растут с уменьшением их мощности. Это обстоятельство было учтено при разработке серии однофазных сельскохозяйственных трансформаторов, производство которых организуется в настоящее время ВИМЭ совместно с Глазсельэлектро. Путем перераспределения потерь в железе и меди здесь достигнуто, с одной стороны, снижение веса меди с таким расчетом, что удельный расход меди в kg/kVA однофазных трансформаторов равен или меньше расхода меди в стандартных трехфазных трансформаторах трехкратной мощности. С другой стороны, благодаря снижению потерь в железе головой к. п. д. однофазных трансформаторов для характерного графика нагрузки ($T = 1500$ h) выше, чем у трехфазных трансформаторов двухкратной мощности (эти показатели, кстати сказать, говорят о том,

как много мы теряем, применяя стандартные трансформаторы в сельскохозяйственных сетях).

Показатели проектируемой серии приведены в табл. 1, в которой для сравнения даны также стандартные трехфазные трансформаторы.

Экономические показатели. Общие экономические показатели системы электроснабжения для районов Заволжья приводятся в табл. 2. Число часов использования для этой нагрузки принято равным 2100 h, стоимость потерь — по полной стоимости энергии, т. е. в среднем около 6 коп. на kWh.

Таблица 2

Расчетная плотность нагрузки kW/m ²	Первоначальная стои- мость сетей и под- станций, руб./квт		Сетевая слагающая стоимости энергии коп./квт·ч	
	3-фазная система 10 кВ	смешанная система 17/10 кВ	2-фазная система 10 кВ	смешанная система 17/10 кВ
1,5	1550	1200	6,1	4,9
2,5	1290	980	5,2	4,0
3,5	1150	900	4,7	3,6
5,0	1040	800	4,2	3,3

Полная стоимость энергии, включая отпускную стоимость на шинах районных подстанций, будет 5—7 коп. на kWh, что обеспечивает рентабельность электрификации всех процессов сельскохозяйственного производства, включая и тепловые. Дешевая энергия Куйбышевской гидроэлектростанции открывает широкие перспективы для полного охвата электрификацией всех прилегающих к ней районов.

На следующих этапах предстоит, во-первых, уточнить расчет нагрузки для каждого массива в отдельности, во-вторых, проделать большую работу по созданию рационального типа сетей.

Нам кажется, что уже приведенные сравнительные цифры достаточно убедительно говорят, что следует немедленно позаботиться о создании соответствующих специальных типов сельскохозяйственного электрооборудования и включения в нормы стандарта «сельскохозяйственного» напряжения и систем сетей с использованием земли в качестве провода.

Опыт электрификации колхоза „Коммунист“

Н. Б. ЗБОРОВСКИЙ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

В СЕСОЮЗНЫМ институтом электрификации сельского хозяйства разработан и осуществляется проект комплексной электрификации колхоза «Коммунист» Киевской области Украинской ССР. В статье приведены некоторые показатели по электрификации этого колхоза.

Колхоз «Коммунист» объединяет 380 хозяйств из Никольской Борщаговки. Число членов колхоза 700, общая земельная площадь 1145 ha. Основное производственное направление колхоза —

огородно-животноводческое: молочно-товарная ферма на 180 голов, свиноферма на 40 свиноматок с поголовьем 190, лошадей 183 и парниковое хозяйство из 1940 рам. Производственные помещения — коровник, свинарник, конюшни, овощеперерабочий пункт и пр. — сконцентрированы на колхозном дворе. Там же расположены мастерские — слесарная, столярная, кузница.

В колхозе имеется мельница и водокачка с напорной башней. К производственным помещени-

ям проложен водопровод с общей протяженностью магистрали 1,5 km. Колхоз «Коммунист» является передовым колхозом Киевского района и за свою деятельность в 1938 г. и подготовку к весне 1939 г. завоевал переходящее красное знамя района.

В селе электрифицированы хаты колхозников, культурно-просветительные учреждения, школы, клуб, ясли; оборудовано уличное освещение села и территории колхозного двора. Обеспечены электрическим освещением все перечисленные выше производственные помещения. Общее количество светопунктов превышает 1100.

В колхозной медамбулатории в день открытия XVIII съезда ВКП(б) начал функционировать кабинет физических методов лечения, кабинет снабжен электроаппаратурой: диатермия, общий д'арсонваль, лампа Баха, соллюкс, дуга, аппарат для гальванизации и пр.

Колхоз также радиофицирован. Построен мощный радиоузел в 500 W, который обслуживает колхоз «Коммунист» и соседние села.

На водокачке взамен нефтяного двигателя установлен электрический двигатель мощностью 5,2 kW. На мельнице для привода шестерика использован двигатель мощностью 10 kW. Оборудованы электроприводом мастерские. На овощепереработочном пункте колхоза электрический двигатель приводит в действие машину для шинкования капусты и томатотерку. В свинарнике работает электрифицированный кормозапарочный агрегат системы ВИЭСХ, изготовленный по заказу колхоза экспериментальным заводом ВИМЭ. Агрегат состоит из парообразователя электродного типа и запарного чана с картофелемялкой. Запарка 200 kg картофеля производится в течение 2 час. 20 мин. при средней мощности 10,4 kW. Во всех описанных выше электроприводах применены асинхронные двигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором, как наиболее удобные в эксплуатации.

Работы по электрификации производственных процессов в колхозе продолжаются. В кузнице устанавливается вентилятор высокого давления системы инж. Косточкина с электроприводом, что обеспечит дутье для двух кузнечных горн. Предусмотрено применить электропривод для кормоприготовительных машин: силосорезки, соломорезки, корнерезки, картофелемойки. В коровнике предполагается установить аппаратуру по электромеханическому доению трехтактного типа конструкции инж. Королева. Эта аппаратура заказана колхозом Сумскому заводу Главсельэлектро. В коровнике предусмотрен также электрический водоподогреватель электродного типа системы ВИЭСХ, изготовленный экспериментальным заводом ВИМЭ. Водоподогреватель предназначен для поения молодняка, мойки доильных аппаратов и пр. На ферме будет смонтирована аппаратура по автопоеанию. Намечено применить агрегат по откачке навозной жижи конструкции ВИЭСХ.

В прошлом году в колхозе успешно работали два электромолотильных агрегата, обеспечивших обмолот хлебов с площади 738 ha. В текущем году намечено механизировать производственные процессы на молотильном току: скирлование соломы и половы, подача спопов к молотилке, очистка зерна.

Предусмотрен электропривод для трирования и проправливания зерна.

В колхозе строится электротеплица площадью 200 m² конструкции филиала ВИМЭ на остр. Хортица. Электротеплица будет пущена в эксплуатацию в нынешнем году и обеспечит урожай мидоров в декабре-январе и огурцов ранней весны. Намечено создать электропарники площадью 200 m². В области огородничества предусматривается также искусственное орошение 30 ha с помощью электронасосной установки и дождевых аппаратов.

Подробные показатели техно-экономической эффективности комплексной электрификации, несомненно, смогут быть определены после завершения электрификации колхоза и проверки работы электрифицированных машин и аппаратов в условиях длительной хозяйственной эксплуатации. Однако, как показали первые опыты в колхозе «Коммунист», электрификация производственных процессов, как правило, увеличивает производительность труда, облегчает труд колхозника, повышает общий культурный уровень хозяйства и при существующих тарифах на электроэнергию (12 коп. за kWh моторной нагрузки + 8 коп. за kWh тепловой) является экономически эффективной. Например, если до электрификации привод машины для шинкования капусты осуществлялся помощью двух пар лошадей при двухподсобных рабочих, и производительность машины определялась в 4 t за рабочий день, то после электрификации производительность достигла 16 t за рабочий день и при этом вы свободились лошади и люди. Другой пример — до электрификации на ручной точке кос уборочных машин было занято два человека один рабочий день после электрификации эту операцию выполнял один человек в 2 часа.

Электродвигатель в условиях стационарной работы имеет все преимущества по сравнению с другими видами двигателей и он завоевал прочные симпатии колхозников.

Колхоз и село снабжаются энергией высоковольтной линией (напряжение 10 kV), которая питается от подстанции Киевэнерго. Общая протяженность низковольтной распределительной сети 380/220 V около 11 km. В качестве проводникового материала в основном используется железо. В колхозе построены и находятся в эксплуатации 5 подстанций: 2 по 20 kVA, две по 10 и одна — 30 kVA. 30-kVA подстанция расположена на колхозном дворе и предназначена для производственных нужд колхоза и освещения части села.

Для электроснабжения электротеплицы предусматривается подстанция в 60 kVA (параллельная работа двух 30-kVA трансформаторов, которые в летнее время предполагается использовать на механизированных электромолотильных токах).

Выбор мощности и мест установки трансформаторов определен в соответствии с графиками и размещением нагрузок и с таким расчетом, чтобы расход цветного металла на линии низкого напряжения был минимальным. При определении энергетической базы электрифицированного колхоза большое значение имеет разработка графиков нагрузки.

Коснемся некоторых основных положений,

ных при разработке графика нагрузки для колхоза «Коммунист». Особый интерес представляла подстанция на колхозном дворе, в графике которой сосредоточены моторная, тепловая и осветительная нагрузки.

Исходными данными для построения графика в части кормоприготовительных машин и аппаратов явились показатели режима содержания скота. Время кормления, поения, доения определили темп кормоприготовительных машин (для заготовки кормов, корнемойка и доильная установка). При разработке графика учитывался технологический процесс кормоприготовления и стремились избежать значительных провалов и пиков. Для работы мастерских, мельницы и водокачки фиксировано дневное время. При разработке графика моторная и тепловая нагрузки почти исключены осветительного утреннего и вечернего максимумов.

Режим работы таких кормоприготовительных машин, как силосорезка, соломорезка, позволяет маневрировать с целью выравнивания графика. Однако в процессе составления графика определилась возможность фиксировать время работы этих машин в дневное время — в обычное время работы этих машин в практике колхозного производства. Элементы принудительного письма времени режима работы для выравнивания графика применены к тепловым аппаратам (водоподогреватель, кормозапарник).

Комплексную электрификацию колхоза «Коммунист» намечено завершить в нынешнем году. Колхозники (председатель колхоза т. С. Ф. Хоменко) уделяют большое внимание электрификации.

Из колхозного актива подготовлено 5 электромонтеров, которые обслуживают электрохозяйство. Монтажные работы проводит трест Киевсельэлектро.

Руководство осуществлением проекта комплексной электрификации, помочь колхозу в деле освоения новых электрифицированных установок, изучение опыта электрификации — обеспечивает ВИМЭ.

В результате сталинских пятилеток в колхозах появился наиболее совершенный вид энергии — электричество. В соответствии с решением XVIII съезда ВКП(б) о широком строительстве мелких сельскохозяйственных электростанций в третьей пятилетке электрификация с. х. получит дальнейшее развитие.

Наряду с освещением необходимо уделить большое внимание электрификации производственных процессов. Нет нужды увеличивать для этих целей мощности подстанций и сетей, — электрифицированные машины и установки можно исключить из осветительного максимума, эксплуатируя их в дневное и ночное время. Это приведет к выравниванию графика нагрузки, к лучшему использованию подстанций и сетей, а следовательно, к более эффективному использованию средств государства и колхозов, затрачиваемых на электрификацию.

Комплексная электрификация колхоза «Коммунист» имеет большое значение для дальнейшего развития сельскохозяйственной электрификации. Показом на деле работы электрифицированных установок колхоз станет школой электрификации других колхозов.

Проблема электрификации орошения в Заволжье

Е. Г. ПЕТРОВ

Всесоюзный институт гидротехники и мелиорации

ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ в ирригации у нас еще весьма мало используется. Имеется всего несколько тысяч гектаров, где механическая подача воды для орошения осуществляется за счет электроэнергии, — это мелкие орошающие массивы на Украине (в районе Днепровской гэс) и в Республике немцев Поволжья.

Машинное орошение — орошение, осуществляющее в результате механического подъема воды, может получить широкое применение на крупных объектах только в результате использования электричества как наиболее дешевого и удобного вида энергии.

Свыше 4,5 млн. ha будет орошено в Заволжье. Значительная часть этой площади будет орошаться за счет строящегося Куйбышевского гидроузла.

Намечается в первую очередь в ближайшее десятилетие оросить 1 млн. ha. Чтобы дать ощущение представление масштабов заволжской ирригации, напомним, что общая площадь орошения

по всему Союзу на сегодня достигает около 6 млн. ha, площадь орошения в Заволжье сейчас равна едва 70 тыс. ha.

Ирригация Заволжья по местным условиям возможна лишь при механическом водоподъеме, что разрешимо только на базе дешевой электроэнергии Волжских гидроэлектростанций.

Ирригация первой очереди потребует значительного количества электроэнергии. В оросительный период года из Волги на заволжские поля будет подаваться до 700 м³/sec при общей высоте подъема около 70—80 м. Для выполнения этой работы потребуются насосные станции мощностью до 1200 MW. Вода будет поступать в магистральные каналы и водохранилища и затем распространяться по орошающим массивам.

Вопрос о способах полива в Заволжье еще далеко не решен. Вероятнее всего, что на таких огромных пространствах найдут применение все наиболее рациональные способы полива, однако есть все основания предполагать, что ведущее ме-



Рис. 1

сто будет принадлежать новому механизированному способу полива — дождеванию на базе электропривода.

По предварительным наметкам из первого миллиона гектаров орошающей площади более 400 000 га будет орошаться дождеванием. В последующем расширении орошения удельный вес дождевания среди других способов полива значительно возрастет.

Дождевание в отличие от обычных способов — напуск по полосам и бороздные поливы — связано с новым видом затраты электроэнергии на разбрызгивание воды.

Дополнительный расход энергии при дождевании оправдывается преимуществами этого способа.

Дождевание как механический процесс полива дает значительную экономию рабочей силы; избавляет поливальщика от тяжелых и негигиенических условий труда и превращает его труд в квалифицированную работу по управлению дождевальной машиной; рационализирует использование водных и земельных ресурсов, экономит воду, уменьшает опасность заболачивания и засоления земель; исключает потребность в планировке рельефа; позволяет активно регулировать не только влажность почвы, но и климат — влажность и температуру приземного слоя воздуха. В конечном счете, дождевание обеспечивает высокую урожайность культур и лучшее качество урожая.

Несколько слов о типе дождевальных машин.

Для таких масштабов, как ирригация Заволжья техника дождевания окончательно еще не разработана. Сейчас имеются дождевальные машины, работающие на тепловых двигателях. Предварительная разработка вопросов электрификации дождевания привела к двум видам машин, применимых в этих условиях.

Переносные дождевальные установки (коротко- и дальнеструйные) относятся к типу мало-производительных и будут применимы в условиях особо неблагоприятного рельефа, а также в садах и огородах. При этом типе установки электрификация сведется к электрооборудованию переносной насосной станции, что потребует проводки электросети вдоль оросительных каналов. Возможен также вариант полустационарных оро-

сительных систем с переносной дождевальной аппаратурой; в этом случае потребуется электрифицировать мелкие полевые насосные станции.

Мостовые агрегаты являются наиболее высокопроизводительными дождевальными машинами. Наиболее разработанный и изученный двухконсольный дождевальный агрегат системы инж. Яншина, установленный на дизельном тракторе (рис. 1), работает в Заволжье уже второй год. В электрифицированном виде этот агрегат мыслится как навесная машина на электротракторе с возможной шириной захвата до 180—200 м. Агрегат работает в движении, забирая воду из открытого картового оросителя. Электроагрегат будет получать энергию по кабелю, через трансформатор, от воздушной электролинии высокого напряжения. Воздушные линии могут быть постоянными или переносными. Трансформаторы — передвижные. Мощность агрегата от 50 до 100 kW. Примерная схема работы агрегата показана на рис. 2.

Помимо системы Яншина, сейчас ведется разработка многоопорного агрегата. Состоящий из нескольких отдельных элементов, каждый подобный двухконсольному агрегату, многоопорный агрегат, работая на позиции, потребует элекtri-

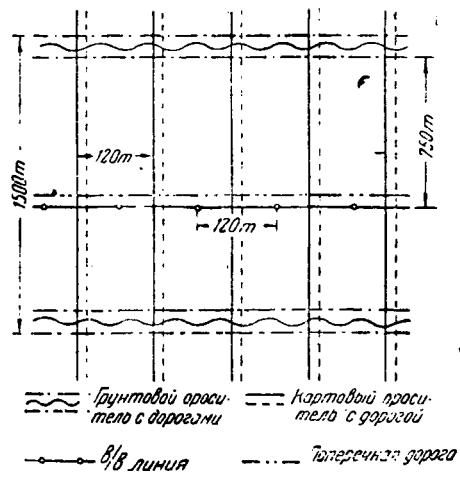


Рис. 2. Схема расположения электролинии и ирригационной сети при работе двухконсольного электродождевального агрегата

и водоподачи и передвижки отдельных тел в позиции на позицию.

Основная производительность дождевальных агрегатов мостового типа равна 15—30 га. Работа полива полностью механизируется.

Познакомимся вкратце на исчислении затрат на энергию при дождевании.

Дальнеструйное дождевание установками первого типа — наименее экономичный способ: затрата энергии на подачу 1 м³ воды достигает 10 kWh. За сезон расход на 1 га составит 700—1000 kWh. При короткоструйном дождевании затрата энергии в 2—3 раза ниже. Двухконсольный агрегат расходует при поливе 0,12 kWh/m³ воды около 400—500 kWh/га за сезон. Многоопорный мостовой агрегат, работая позиционно, позволяет снизить затраты энергии еще на 30—40%.

Приведенная короткая справка экономичности агрегатов позволяет судить о размерах энергопотребления на дождевание. Если принять, что в 1 млн. га первой очереди дождеванием будет решаться 400 тыс. га, общая (установочная) мощность дождевальных агрегатов выразится в 10 MW.

Сезонное энергопотребление на дождевание может от 160 до 200 тыс. MWh. Эта цифра, при ее внушительности, однако значительно выше того, что потребуется на механическую

подачу воды из Волги. Если условно допустить, что подача воды на орошение будет длиться всего лишь 100 суток в году при установленной мощности для 1 млн. га, равной 1200 MW, то годовое энергопотребление достигнет приблизительно 2,8 млн. MWh. 200 млн. MWh, расходуемых на дождевание 400 тыс. га, составляет всего лишь около 6% общего сезона энергопотребления на орошение.

Отметим, что если дождеванием охватить все 100% площади (1 млн. га), то энергопотребление на дождевании возросло бы до 500 тыс. MWh и составило бы всего лишь около 14% расхода на подачу воды из Волги. Таким образом электрифицированный способ полива дождеванием в условиях Заволжья технически осуществим и по затратам энергии вполне приемлем, так как увеличивает энергопотребление на каждый гектар всего лишь на 15%, что, бесспорно, оправдывается преимуществами этого способа. Трудности, лежащие на пути окончательного разрешения задачи, заключаются в правильном выборе схемы полевой электросети и усовершенствовании электротрактора.

Необходимо форсировать все виды предварительных исследований для окончательного выбора типа конструкций и схемы работы и ускорить производственное испытание электродождевальных агрегатов в полевых условиях.

Электромеханизация животноводческих хозяйств

B. С. КРАСНОВ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

XVIII съезд ВКП(б) постановил «завершить в первую пятилетку комплексную механизацию сельскохозяйственных работ... Обратить особое внимание на механизацию трудоемких процессов животноводства в совхозах и колхозных фермах».

За годы двух сталинских пятилеток уже завершена в основном реконструкция земледелия на основе новой, современной техники. Одновременно большие успехи имеются и в области механизации и электрификации трудоемких процессов животноводства, хотя на этом участке механизация значительно отстает от темпов развития социалистического хозяйства.

В постановлении СНК Союза ССР и ЦК ВКП(б) 18 июля 1939 г. «О мероприятиях по развитию общественного животноводства в колхозах» говорится, что «делу развития колхозного животноводства мешает также... сильное отставание механизации процессов сеноуборки и самого животноводства, в сравнении с общим уровнем механизации сельского хозяйства».

Практика механизации животноводческих колхозно-товарных ферм показала, что можно обеспечить привод ряда кормоприготовительных машин и насосов для водоснабжения от двигателей внутреннего сгорания, ветродвигателей, тракторов и даже простого конного привода, но со-

дать полностью механизированное животноводческое хозяйство, обеспечить эффективную механизацию всех производственных процессов, дать систему машин, органически увязанную с экономикой хозяйства и зоотехникой, т. с. завершить комплексную механизацию животноводческих хозяйств можно только с одновременным максимальным использованием передовой техники — электрификации.

Электрификация не только обеспечивает наиболее простой, удобный, не требующий специального обслуживания привод различных машин, но также дает возможность применить в производстве ряд электротепловых установок и использовать электроэнергию для непосредственного стимулирования роста и продуктивности животных (использование лучистой энергии).

Кроме того, ряд машин и установок может работать только от электропривода: вентиляторы, расположенные на чердаке скотных дворов, маленькие высокоборотные центробежные насосы для «ощелачивания» соломы, вентиляторы для вакуумной чистки животных. В деревянных коровниках по условиям пожарной безопасности вообще нельзя ставить двигатель внутреннего сгорания.

Электрификация позволяет также автоматизи-

ровать производственные процессы: водоснабжение, вентиляцию, подогрев воды и т. д.

Животноводческие хозяйства имеют довольно ровный график электрических нагрузок (рис. 1). Коэффициент полноты графика зимнего дня равен 0,7, годового графика — 0,42. В свиноводческом хозяйстве с более развитой электротепловой нагрузкой (запарка кормов) коэффициент полноты годового графика доходит до 0,5.

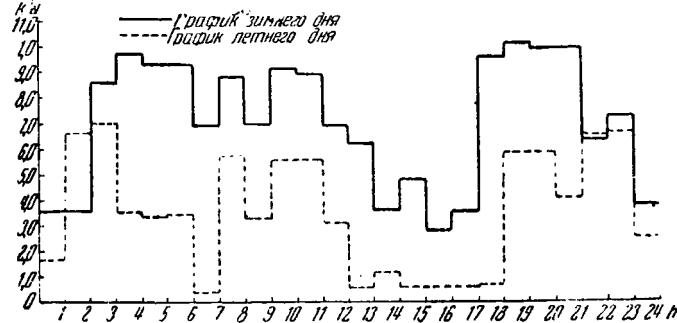


Рис. 1. График электронагрузок (в 1937 г.) молочно-животноводческого хозяйства (в хозяйстве 250 голов, из них 120 коров)

В первые годы строительства крупных совхозных и колхозных животноводческих ферм у нас, отдавая известную дань «гигантомании», увлекались мощными, высокопроизводительными машинами. График нагрузок получался очень невыгодным с непродолжительными, но большими пиками. В настоящее время мощность многих машин снижена, и получается более ровный график.

Мощности, потребляемые отдельными фермами, незначительны. Ферма на 100 голов крупного рогатого скота и 25 свиноматок требует всего 5 kW. Энергетические показатели более крупных хозяйств, в том числе потребные для них мощности, даны в таблице.

Для иллюстрации диапазона мощностей приемлемых двигателей следует указать на дробильно-мельничные установки с двигателями 20 kW и на машинки для стрижки овец с двигателями 0,1 kW.

В колхозах мощность освещения обычно выше, чем моторных потребителей, на 1 колхозный двор

приходится 100—180 W мощности трансформатора, включая освещение улиц и общественных помещений. Характер осветительного колхозного графика зимнего дня Московской области представлен на рис. 2. Летом утренний осветительный пик пропадает, а вечерний смешается вправо

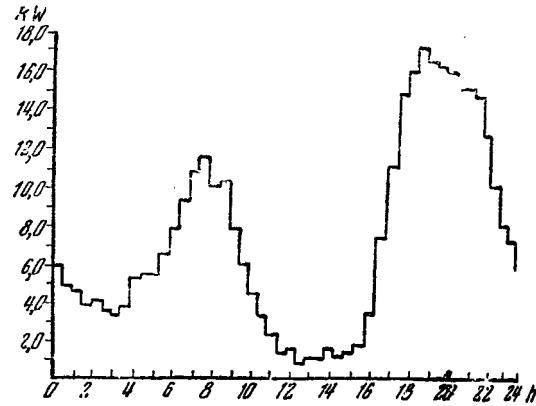


Рис. 2. Суточный осветительный график зимнего дня колхоза „Переворот“ Дмитровского района Московской области

уменьшается до 70—10% от зимнего максимума в зависимости от географической широты местности.

Рассмотрим применение электрической энергии в отдельных производственных процессах.

Электрификация кормоприготовления заключается в использовании электропривода для различных кормоприготовительных машин (дробилки кормов, корнеплодомойки, корнерезки, силосорезки, смесители и др.) и в применении электротепловых установок — запарников кормов, кипильников и электросилосования.

Электропривод кормоприготовительных машин характерен большим диапазоном чисел оборотов машин и довольно тяжелыми условиями пуска вследствие наличия сравнительно больших масс.

Новая молотковая дробилка кормов (зерножмыха, сена и пр.) ДМ-300 ВИМЭ делает 3000 об/мин, корнеплодомойка — 28, универсальная силосорезка-дробилка — 1100 об/мин, а маховой момент (GD^2) равен 40 kgm² при потреблении мощности для силосования 10 kW.

Низкое число оборотов большинства машин заставляет применять громоздкие контраприводы или недопустимые передаточные отношения. Наиболее рационально было бы, конечно, применять электродвигатели со встроенными редукторами, но таких двигателей наша промышленность пока не изготавливает.

В небольшом хозяйстве (100 коров) машины работают, как правило, только по 0,5÷2,0 часа в сутки, поэтому очень рационально применять в нем передвижные электродвигатели, что полезно не только для сокращения числа машин, но и для автоматического регулирования графиков нагрузки.

На электрокормозапарники, удобные в работе и сравнительно безопасные в пожарном отношении, животноводческие фермы уже сейчас предъявляют большой спрос. Еще ВИЭСХ разработала простой и надежно действующий кормозапарник.

Таблица

Показатели	Ферма на 250 голов крупного рогатого скота из них 120 коров	Ферма на 500 свиней, из них 250 свиноматок
Установленная мощность в kW . . .	29,5	57,12
В том числе { освещение	4,5	5,6
электротепло	5,0	30,0
Максимальная мощность по графику в kW	10,0	23,5
To же, без тепловых установок	10,0	13,0
Годовое потребление энергии в kWh	36 290	88 135
To же, без электротепловых установок	24 290	35 135
Максимальная мощность двигателей в kW	4,5	7,0
Минимальная мощность	0,25	0,25

ящий от электродного котла низкого давления. Электрические парообразователи электродного типа гораздо удобнее, чем приборы с бронагревательными элементами проволочного шара.

Электродный котел несложен, его нагревательные элементы в отличие от проволочных надежны в эксплоатации и выполнены в виде трех листовых железных чугунных пластин, опущенных в воду, рабочим сопротивлением служит сама превараемая вода.

Выгодной особенностью котла при работе по схеме с обратным использованием конденсата является автоматическая регулировка мощности; если расход пара увеличивается, давление в котле снижается, уровень воды повышается и увеличивается площадь электродов, погруженная в воду, т. е. возрастает ток и мощность котла. Обычно мощность электrozапарников составляет 5—7 kW на 1 центнер картофеля в час; расход энергии 12 kWh на 1 центнер.

Большое применение в колхозах имеют уже в настоящее время электрокипятильники. Они очень удобны и безопасны на скотных дворах в пожарном отношении. Горячая вода для технических целей обычно получается из кипятильников электродного типа, для питья же вода, согласно существующим правилам (Э. П. и Н., стр. 326, 1935, изд. 1933 г.), непригодна. При анализе воды в электродных кипятильниках никаких вредных примесей в них не обнаруживаются. Более того, за границей широко применяют пастеризаторы можно электродного типа (угольные электроды). Понадобится пересмотреть в этом отношении наши правила.

Электрокипятильники употребляются двух типов — быстroredействующие довольно большой мощности (10 kW на 100 l) или медленно работающие, главным образом для работы ночью и в провалах графика нагрузок — аккумуляторы горячей воды (1—5 kW на 100 l) с хорошей тепловой изоляцией стенок.

При неэлектродном нагреве употребляются обычно трубчатые электронагревательные элементы по типу Colrod в виде трубок (обычно латунных) с запрессованными в них спиралью из никелевой или фехралевой проволоки. Пространство между трубкой и спиралью заполняется керамической массой (кварцевый песок, магнезит) с последующим сильным механическим уплотнением ее.

При получении электроэнергии от гидроэлектростанций без суточного регулирования воды очень выгодно широко применять электротеплоизменители приборы ночью и в провалах графика, так как электроэнергия получается при этом почти даром (избыток воды все время сливается через водослив). Целесообразно пользоваться в этом случае автоматическим регулированием мощности тепловых установок в зависимости от заданного графика нагрузки. При электродных приборах регулирование мощности достигается простым изменением расстояния между электродами, что можно осуществить с помощью рычага, управляемого «лекалом» — моделью графика нагрузки.

Электросилосование. Применение электросилосования и электrozапарки для обработки грубых

и суррогатных кормов (солома, мякина, объедки, прелое сено, осока и т. п.) имеет целью повышение их поедаемости и перевариваемости. Исследования ВИЭСХ показали полную целесообразность применения такой электрообработки грубых кормов. Техника работы при этом очень проста: солома режется, увлажняется и загружается в деревянные чаны между горизонтальными сетчатыми электродами из проволоки диаметром 3 мм. Электрический ток проходит через толщу корма и повышает его температуру до 52° (силосование) или до 80° (запарка). Процесс под током длится 5—20 h, расход электроэнергии составляет 20—45 kW/t.

Водоснабжение. Электрификация сельскохозяйственных водокачек значительно упрощает и удешевляет эксплоатацию и позволяет их автоматизировать.

Преимущество такого типа водокачки заключается в том, что отпадает надобность строить высокую и дорогую водонапорную башню, — ее заменяет пневматический гидроаккумулятор, в котором насос создает необходимое давление (например 3—4 ata), равное тому, которое имеет место в напорной башне (высота 20—30 м). Под этим давлением вода и распределяется по хозяйству. По мере расхода воды спадает давление в гидроаккумуляторе, и при некоторой, заранее установленной величине давления манометрическое реле через магнитный пускател опять включает электродвигатель. Контактный манометр и звонок служат для сигнализации о неисправной работе манометрического реле. Водокачка работает совершенно автоматически, все сооружение можно расположить в небольшом здании или спрятать под землю.

Внутрихозяйственный транспорт. Из всех трудовых процессов, совершаемых в животноводческих хозяйствах, примерно 30% приходится на транспортные работы. Исследования показали, что для механизации внутрихозяйственного транспорта наиболее подходят подвесные дороги, которые могут эксплуатироваться как при ручном обслуживании, так и при электромеханической тяге. Опыт применения в животноводческих хозяйствах (совхоз им. Фрунзе и Клементьевский совхоз) электрокар не дал положительных результатов вследствие, главным образом, трудности устройства дорожек для электрокаров и неудобств аккумуляторного хозяйства.

Вагонетки с навозом или кормами внутри скотных дворов передвигаются вручную, вне их тяга вагонеток осуществляется или помощью каната от легкой электролебедки, укрепленной на Г-образных опорах, или посредством небольшого подвесного электровозика с троллейным питанием (рис. 3).

При отвозке навоза в навозохранилище помошью канатной тяги вагонетки автоматически опрокидываются и возвращаются назад. Электродвигатель, обслуживающий эту установку, имеет мощность 1,15 kW. Стоимость вывозки 1 t навоза для фермы в 100 голов составляет 67 коп., для фермы в 200 голов — 40 коп. При конной тяге стоимость вывозки 1 t обходится примерно 98 коп.

Электровозик подвесной дороги питается по-

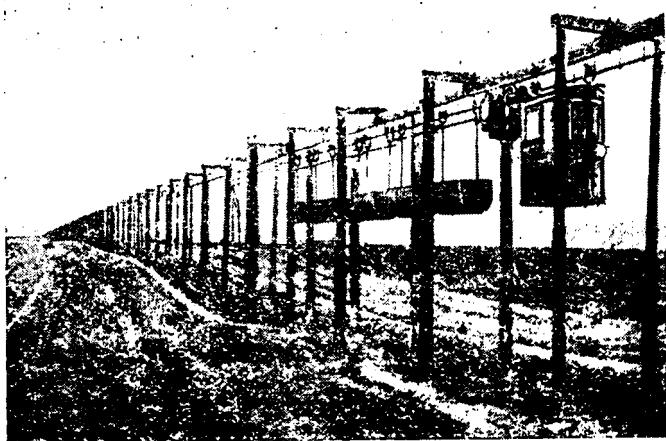


Рис. 3. Общий вид подвесной дороги с электровозиком троллейного питания

стационарным током и имеет двигатель мощностью 3 kW.

Электромеханическая дойка коров. Существует около 60 различных систем доильных машин, все они работают в основном по одному принципу — высасывание молока из сосков вымени под действием вакуума.

В СССР в 1938 г. начато изготовление советской трехтактной доильной машины, сконструированной ВИМЭ. Наличие третьего такта — отдыха — выгодно отличает советскую доильную машину от всех других систем, в частности, и от лучшей заграничной машины фирмы Альфа-Лаваль. Эта машина имеет только два такта — сосание и сжатие. При сравнительных испытаниях советская трехтактная доильная машина дала лучшие результаты.

Машинное доение весьма эффективно: повышается производительность труда; снижается себестоимость выдавивания молока; улучшаются условия труда.

Советская доильная установка рассчитана на одновременную дойку 10 коров; для такой установки требуется электродвигатель мощностью 2,8 kW. Средний расход электроэнергии составляет 50 kWh на одну корову в год.

Для большей эффективности электромеханического доения требуется вводить его не только в коровниках, но и на пастбище, так как иначе приходилось бы с переходом летом на пастбище ломать организацию всего производственного процесса. Поэтому для сельского хозяйства приобретают особое значение небольшие передвижные электростанции, которые довольно эффективно могут быть использованы для освещенияочных работ, электродойки, водоснабжения, электрострижки и т. д. Указанное выше постановление СНК Союза ССР и ЦК ВКП(б) обязывает Госплан СССР предусмотреть в плане 1940 г. поставку Наркомзему СССР 600 агрегатов механических доильных машин.

Для комплексной электромеханизации работ на скотном дворе у нас постепенно внедряется электричество и в такие процессы — чистка животных с помощью вакуум-пылесосных щеток, обслуживаемых электровентиляторами, стрижка с помощью электростригальных машинок, мойка животных врачающимися щетками и теплой во-

дой из электрокипятильников, сушка после мытья с помощью электрофэн и кондиционирование воздуха в животноводческих помещениях электровентиляционными установками.

Первичная обработка молока в связи с общим ростом продукции нашего молочного животноводства и борьбой за качество этой продукции приобретает в настоящее время особо важное значение, и практика показывает, что наиболее успешная организация этого дела возможна с электрификацией. Машины, устанавливаемые в молочных (сепараторы, центрифуги для механической очистки, холодильники, насосы для молока, пастеризаторы и т. д.), требуют большего количества маломощных приводов. Трансмиссия с конечным количеством ремней, подшипников, сленок крайне неудобна: она загромождает помещение, поднимает пыль, создает благоприятные условия для размножения бактерий (на ремнях загрязняет молоко каплями смазочных масел, т. п.). Наиболее рационален электропривод, встроенный в станины машин, но пока наша промышленность таких машин не производит и придется ограничиваться обычным индивидуальным приводом.

Особенностью электропривода почти всех молочных машин являются тяжелые условия работы, так как эти машины обладают большими массами. Пусковая мощность сепаратора (его барабан делает 7000—9000 об/мин и она 2—3 раза превышает нормальную рабочую скорость при 2—5-min запуске). Целесообразно к этому запускать электродвигатель при включении обмоток статора в треугольник, а в рабочем положении переключать их на звезду.

Весьма эффективен перевод пастеризаторов молока на электроэнергию с применением электрических парообразователей, или, что особенно удобно, метода пастеризации путем непосредственного пропускания тока через молоко с помощью угольных электродов.

Следует еще упомянуть ряд попыток за границей, частично и у нас, строить специальные и называемые «доильные залы», в которых коровы при помощи различных электрифицированных механизмов чистятся, моются, сушатся, вываиваются; молоко же по трубам, под вакуумом, прямо из доильных стаканов, не соприкасаясь с воздухом, подается в молочную, где подвергается первичной обработке и автоматически разливается по бутылкам.

Такой доильный зал в виде вращающейся формы (доильный круг — ротолактор) был новведен на ферме Уокер-Гордон под Нью-Йорком.

Электро стрижка овец получила у нас широкое распространение. Овцеводческие залы уже почти заканчивают переход на электрострижку, быстро внедряется она и в колхозы фермы. На очереди введение электрострижек, лошадей и верблюдов.

Быстрое развитие электрострижки овец объясняется ее высокой эффективностью: производительность труда повышается в 3—4 раза, значительно облегчается труд стригалья, прострается вопрос с кадрами, — электрострижка можно подготовить за несколько дней, при которой же стрижке хорошая квалификация

ся только за несколько лет. При электрострижке шерсть получается лучшего качества.

Электростригальная машинка состоит в основном из трех частей: электродвигателя; гибкого передающего вращательное движение двигателя к машинке для стрижки; машинки для стрижки, которой специальный эксцентриковый механизм образует вращательное движение гибкого вала в полпеременно-возвратное движение ножа; нож скользит по гребенке и производит срезывание шерсти. У нас машинки для стрижки овец производятся Ростовским-на-Дону механическим заводом Наркомсокхозов с гибким валом Московского завода «Металлорукав» и трехфазным асинхронным двигателем мощностью 100 Вт, 1450 об/мин завода ЭМОС.

В последнее время за границей выпущено несколько типов машинок для стрижки, в которых электродвигатель расположен непосредственно в самой машинке, у режущего аппарата. Так как электродвигатели при этом должны быть небольших размеров и веса, то здесь применяются универсальные коллекторные электродвигатели на 3000—12 000 об/мин и выше. Между электродвигателем и режущим аппаратом включается редуктор числа оборотов. Такого рода машинки потребляют меньше энергии и требуют меньше металла, в ВИМЭ ведется разработка такой машинки.

Стрижка овец происходит в степи — далеко от населенных пунктов, и энергетической базой электрострижки являются передвижные электропанции.

Стимулирование роста и продуктивность. Электрификация животноводческих хозяйств дает возможность использовать электроэнергию для преобразования ее в лучистую энергию для непосредственного воздействия на животных и для их лактации.

Практически у нас начинает применяться ультрафиолетовое облучение поросят и использование тепловых лучей для обогрева станков с молотком. Ультрафиолетовое облучение поросят в возрасте до 3—4 мес. лампами АРК-2 не только совершенно ликвидирует ракит, но и увеличивает их вес на 30—40%.

Большая область применения электроэнергии открывается в птицеводстве. Электроинкубаторы благодаря возможности создания лучшего теплового и воздушного режима обеспечивают высо-

кий вывод цыплят (90% и выше против 60—70% в обычных условиях). Ультрафиолетовые лучи успешно излечивают ракит у цыплят и повышают яйценоскость взрослых кур.

Эффективно применение зимой так называемого «искусственного дня» в соединении с электрокалориферным подогревом приточного вентиляционного воздуха. Это мероприятие повышает яйценоскость кур — зимой на 60—80%, а в целом за год на 20%. «Искусственный день» заключается в удлинении зимнего дня за счет применения обычного электроосвещения до 14—16 h; освещенность должна быть порядка 15 lx. Важно не включать и не выключать свет внезапно, а применять постепенное затемнение с помощью реостата или автотрансформатора.

Успехи нашей крупной социалистической промышленности обеспечивают возможность производства всех машин и оборудования для механизации животноводства в полном соответствии с высокими темпами роста животноводства. Опыт передовых колхозов и совхозов (коммуна им. Ленина Синельниковского района, колхозы им. Кагановича, «Интернационал», им. Кирова, Новая Слободка, 90-го Уральского полка, Ротэ-Фане, «Молот» Запорожской области, им. Тельмана, «Переворот» Московской области, совхоз «Лесные поляны» и др.), уже электрифицировавших ряд производственных процессов: доение, чистку, водоснабжение, молочные, кормоприготовление, освещение, вентиляцию, откачуку навозной жижи, уборку навоза и т. п., — показывает высокую эффективность перестройки хозяйства на базе электромеханизации.

На Всесоюзной сельскохозяйственной выставке 1939 г. многие колхозы и совхозы демонстрируют свои успехи по электромеханизации животноводства.

Громадную роль сыграет электромеханизация животноводства в комплексном решении народнохозяйственных проблем, связанных со строительством Куйбышевского гидроузла. Дешевая электроэнергия позволит реорганизовать трудоемкие производственные процессы в животноводческих хозяйствах Заволжья на основе передовой техники, ускорит темпы развития животноводческих хозяйств, повысит их товарность и высвободит десятки тысяч рабочих рук для развития края.

Электротрактор

П. Н. ЛИСТОВ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

ИДЕЯ применения электрической энергии в земледелии СССР принадлежит В. И. Ленину, который внимательно следил за первыми опытами электропахоты.

Вскоре после появления в СССР тракторов с двигателями внутреннего сгорания начались попытки перевода тракторов на электрическую энергию.

До 1936 г. не удалось создать работоспособной конструкции электротрактора. Дальше испытаний (с неудовлетворительными результатами) дело не шло. Только за последние два года (1937—1938 гг.) мы имеем реальные достижения и в результате их — рост площадей, вспаханных электротракторами (рис. 1). Последние конструкции электротракторов — ВИМЭ-2 и ВИМЭ-3 (рис. 2) оказались, при наличии хотя и ряда дефектов, уже настолько удачными, что были приняты для эксплуатации в Энгельской МТС и признаны достойными к показу на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке 1938 г.

На основе выводов специальной комиссии, выездавшей в 1938 г. на место работы электротракторов, Наркомзем СССР дал распоряжение ВИМЭ в текущем году выпустить два улучшенных электротрактора ВИМЭ-4, а к 1940 г. — первую опытную серию электротракторов в 10 шт.

При современном уровне техники можно говорить о трех способах питания электротрактора электроэнергией: аккумуляторном, троллейном и кабельном.



Рис. 1. Диаграмма роста площадей, вспаханных электротракторами, по годам

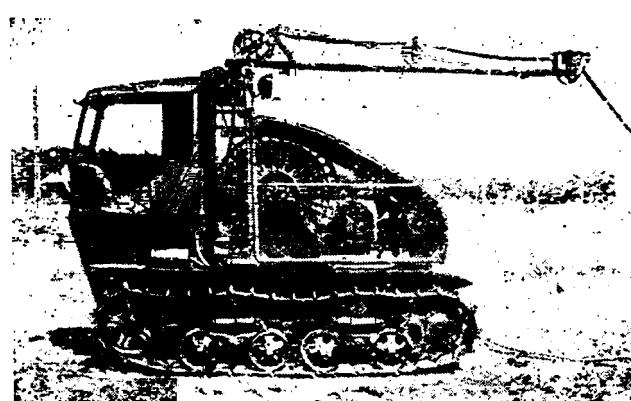


Рис. 2. Электротрактор ВИМЭ-3 выпуска 1938 г. на базе трактора СТЗ-НАТИ предназначен для показа на ВСХВ

По понятным мотивам наиболее заманчив аккумуляторный способ.

Известны две попытки постройки аккумуляторных электротракторов (Франция, Австрия), но окончились неудачно. Современные аккумуляторы дают 20—25 kWh энергии с 1 т аккумуляторной массы. На вспашку 1 ha в среднем расходуют 45 kWh. Следовательно, потребовалось бы разделять на вспашку каждого ha 1,5—2 т аккумуляторов. Не говоря о дороговизне аккумуляторов, большом весе, малой прочности и пр., недостаточная удельная энергоемкость аккумуляторов не позволяет пока рассчитывать на применение их целей электротяги в полеводстве.

Второй способ питания — троллейный — сложнее по своему техническому осуществлению и в меньшей степени в полевых условиях. Электротрактор, выполняя полевые работы, покрывает большие расстояния и притом в различных направлениях, поэтому при троллейном питании необходимо было бы периодически переносить или вслед за трактором передвигать питательные линии. Насколько практического решения по переносным или передвижным электролиниям мы не имеем. Возможно, что при широкой электрификации полевых районов кабельных электротракторах троллейное питание найдет применение на постоянных трассах, вывоза урожая, подвоза удобрений, семян и пр.

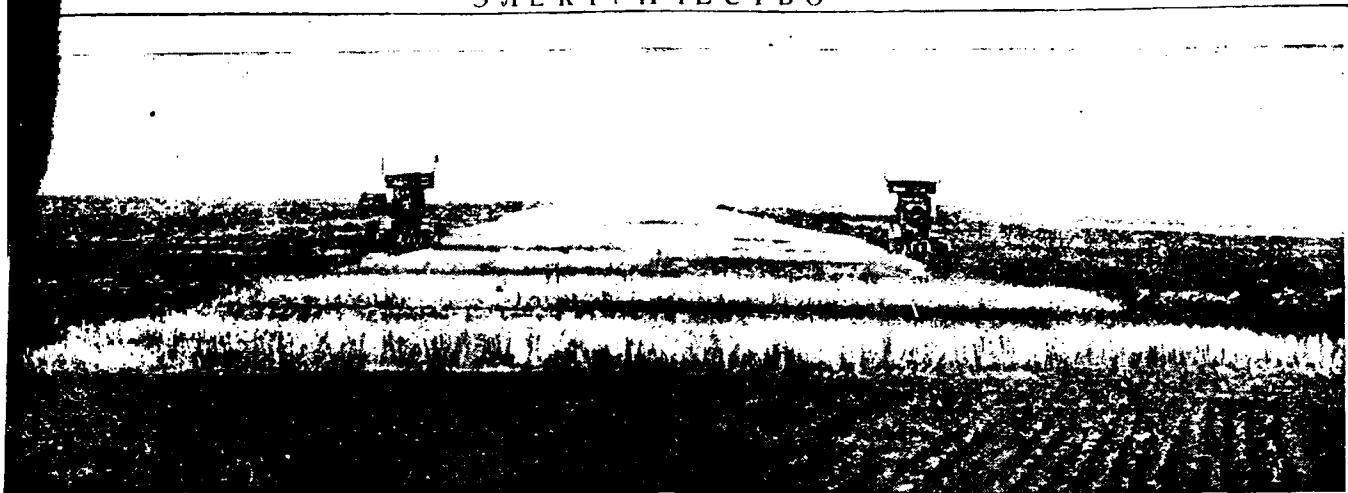
Кабельный способ применен в подавляющем большинстве осуществленных конструкций электротракторов. Этот способ наиболее прост по техническому осуществлению, обеспечивает в достаточной мере безопасность обслуживающего персонала и бесперебойность передачи электроэнергии двигателю электротрактора. Как правило, в электротракторах применяется гибкий кабель (ГП, ГРШ и т. п.), помещаемый на кабельном барабане. Кабель в электротракторе является наиболее дорогостоящей частью, составляя до 50% стоимости всего электрооборудования в агрегате (включая подстанцию).

На принципе кабельного питания осуществляется последняя конструкция электротрактора ВИМЭ-3.

Электротракторный агрегат ВИМЭ-3 состоит из электротрактора, смонтированного на шасси трактора СТЗ-НАТИ и передвижной трансформаторной подстанции.

Вместо двигателя внутреннего сгорания установлен асинхронный к.з. двигатель трехфазного типа типа АТ-831/4, мощностью 40 kW, 500 V.

Работа электротрактора возможна при наличии сети напряжением 6—10 kV. Высокое напряжение сети снижается до рабочего 500 V с помощью трансформаторной передвижной подстанции, которая может включаться в линию под напряжением в любую нужную точку. Питание электротрактора от подстанции осуществляется гибким кабелем марки ГРШ, сечением $3 \times 25 + 1 \times 10 \text{ mm}^2$, длиной 750 м. Электролинии на поле должны располагаться параллельно друг другу на расстоянии



Общий вид пахоты электротракторами ВИМЭ-2. Вдали под линией видны подстанции. Длина борозды 1400 м.

войной длины кабеля, в данном случае через 1,5 km. На каждый гектар электрифицированного поля необходимо 7 погонных метров линий. В прошлую эпоху в настоящее время электротракторе ВИМЭ-4-1000 этот расход снижается до 5 м.

В кабине водителя сосредоточено все механическое и электрическое управление электротрактором, а также местная и эксплоатационная сигнализация. Освещение на подстанции и электротракторе выполнено автомобильной осветительной арматурой с питанием от трансформаторов мощностью 300 W при напряжении 500/12 V.

Электротрактор, двигаясь перпендикулярно к линии, последовательно обрабатывает участок. Длина борозды может доходить почти до двойной длины кабеля. При удалении электротрактора подстанции кабель под действием своего веса разматывается и ложится на землю; при возвращении кабель с помощью дополнительного электродвигателя (2 kW) и натяжной муфты наматывается на барабан, где специальным устройством укладывается в правильные ряды.

На рис. 3 показана электропахота двумя электротракторами ВИМЭ-2. Работа парой электротракторов (спаренная система) обеспечивает: нормальные условия работы кабеля — кабель только разматывается и наматывается, не волочась и не протягиваясь по земле; при одном присоединении подстанции к линии обработку больших участков (до 30 ha) нормальной ширины; возможность использования обычных типов прицепного тракторного инвентаря. Правда, при работе парой электротракторов имеются дополнительные потери времени на смену орудий на торцах участков и некоторая связность электротракторов между собой.

Основные техно-экономические показатели электротрактора ВИМЭ-3 в сравнении с трактором СТЗ-НАТИ приведены в таблице.

Таблица позволяет сделать следующие выводы. В отличие от теплового трактора, который с трудом запускается в холодное время (ранняя весна, поздняя осень), электротрактор практически запускается мгновенно, независимо от окружающей температуры, скорости передвижения электротрактора на 17% выше; электротрактор не требует здравия жидкого топлива и воды, экономит больше 70% смазочных материалов и требует на 16% меньше рабочей силы, себестоимость 1 ha вспашки

Таблица

Показатели	Трактор	
	СТЗ-НАТИ тепловой	ВИМЭ-3 электрический
<i>Общие технические данные:</i>		
Мощность двигателя, kW	38,2	40,0
Вес двигателя, kg	900	260
То же, на 1 л. с.	17,3	4,8
Число об/мин	1250	1460
Вес трактора, kg	5000	5300 ¹
Вес подстанции, kg	—	2,00
<i>Эксплоатационные показатели:</i>		
Способ пуска двигателя	Заводка рукояткой	Включением рубильника
Продолжительность пуска, сек	300—900	3—8
<i>Скорости движения (km/h):</i>		
первая	3,82	4,62
вторая	4,53	5,56
третья	5,28	6,38
четвертая	8,04	9,67
Удельный расход топлива, kg/ha	14,8	—
Удельный расход электроэнергии, kWh/ha	—	45,0 ²
Производительность, ha/h	1,09	1,09
Затрата рабочей силы человека-дней на 1 ha вспашки	1,9	1,55
<i>Ориентировочная стоимость пахоты (руб/га):</i>		
Стоимость: горючего или энергии ³	11 р. 84 к.	2 р. 70 к.
— смазочных материалов	1	— 20
— текущего ремонта трактора	2	1 03
Амортизация трактора и плугов	1 37	1 17
Амортизация кабеля ⁴	—	2
Амортизация сети	—	1 33
Оплата рабочей силы	4 р. 75 к.	3 67
Общехозяйственные расходы	4 10	4 10
<i>Всего</i>		25 р. 22 к.
		16 р. 25 к.

¹ С кабелем.

² С учетом потерь в линиях.

³ Принята стоимость 1 kWh 6 коп.

⁴ Из расчета работы кабеля в 3000 га и 20% ликвидационной стоимости

электротрактором на 30—40% ниже, чем тепловым. Следует, однако, отметить, что капиталовложения в случае электротрактора значительно выше, кроме того, требуется дополнительная затрата цветных металлов и каучука, которая, впрочем, целиком окупается.

Электроосвещение комбайнов при ночной работе

A. Н. ЧУБАРОВ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

БОРЬБА с потерями урожая — актуальнейшая задача народнохозяйственного значения, успешное разрешение которой в значительной мере поможет осуществлению задания товарища Сталина о получении 8 млрд. пудов хлеба в ближайшие годы.

Одним из основных средств борьбы с потерями урожая хлебов на корню является сокращение сроков уборки.

До последнего времени считали, что комбайн может работать только в дневное время. Начиная с 1936 г., многие стахановцы-комбайнеры, оборудовав на своих комбайнах электроосвещение, широко применяли режим круглосуточной работы, не ухудшая производительности и качества труда в ночное время и тем самым вкорне изменили отношение к ночных работам. При правильно организованной круглосуточной работе комбайнеры-стахановцы за счет ночных работ сокращали сроки уборки урожая до 35%.

Показательных результатов при круглосуточной работе с электроосвещением, выполненным по проекту Всесоюзного института механизации и электрификаций сельского хозяйства (ВИМЭ), добились братья Оськины в 1938 г., убрав за сезон 5236 га на сцепе двух «Сталинцев», в том числе за счет ночных работ ими было убрано около 1550 га — 30%. По заявлению стахановцев-комбайнеров (т. Борина, Оськина, Рязанцева, Левит, Муратора и др.) достигнутые ими результаты не были бы возможны без применения ночных работ.

Как показала массовая практика и исследование многолетних метеорологических данных, ночная уборка возможна и широко проводится на значительной территории южной и юго-восточной части СССР — в значительной части КССР, западной Сибири, во всей Чкаловской области, Куйбышевской, Саратовской, Сталинградской, АССРНП УССР и др. общей площадью посева около 30 млн. га. В остальных же зерновых районах возможно увеличение рабочего времени машин за счет ночных работ не более как на 2—3 ч.

Учитывая актуальность и массовое распространение

ночной уборки, ВИМЭ в 1937 г. был разработан проект оборудования комбайнов электроосвещением, которое в течение двух лет было широко испытано на десятках агрегатов. Испытания дали вполне положительные результаты, и проект был одобрен экспертной комиссией НКЗ СССР и рекомендован для массового применения. Один образец комбайна, оборудованного электроосвещением, устанавливается в качестве экспоната на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке. Два комплекта такого электрооборудования в 1938 г. были установлены и бесперебойно проработали весь сезон на агрегате братьев Оськиных (рис. 1).

Переходя к описанию приспособлений, необходимо отметить следующие положения.

Массовая практика ночной уборки с электроосвещением отчетливо показала, что успешная высококачественная работа возможна только при хорошей освещенности рабочих мест и поверхностей, так как по условиям труда на комбайне, при наличии пыли и тряски, глаза наблюдателя быстро устают, и зрение притупляется. Последнее обстоятельство усугубляется еще и тем, что условия работы резко изменяются даже на протяжении одного круга: при прохождении комбайна по одной стороне вся пыль из-под трактора и от комбайна застилает основную рабочую поверхность — хедера при прохождении по противоположной стороне круга всю пыль несет на мостик управления. В этом случае комбайнеры вынуждены снижать поступательную скорость агрегата даже при хорошем освещении, при плохом же — ведут «вслепую» рискуя на каждом шагу поломать хедер.

Значительная протяженность рабочих поверхностей, большие габариты уборочного агрегата, разобщенность машин, входящих в агрегат, наличие открытых вращающихся частей, нередко осматриваемых на ходу, — все это не только подтверждает необходимость в хорошей освещенности, но усложняет решение задачи при помощи маломощных источников тока и крайне ограниченного ассортимента арматуры, рассчитанной на работу в таких условиях. В связи с этим пришлось пересмотреть вопрос о мощностях генераторов, устанавливающих на тракторах, в сторону увеличения их и запретить новую арматуру для освещения основного рабочего места — хедера.

Существующая арматура типа фар не отвечает вышеуказанным требованиям, так как дает разрозненный световой поток с небольшим углом рассеяния, а при освещении горизонтальных плоскостей дает блеск и ослепляет обслуживающий персонал.

Как показали широкие наблюдения в различных южных и юго-восточных районах, хорошая освещенность требует мощности генератора порядка 200 Вт на комбайн.

Из числа выпускаемых нашей электропромышленностью, для целей освещения комбайнов, наиболее подходит генератор автобусного типа мощностью 250 Вт, который и положен в основу проекта.

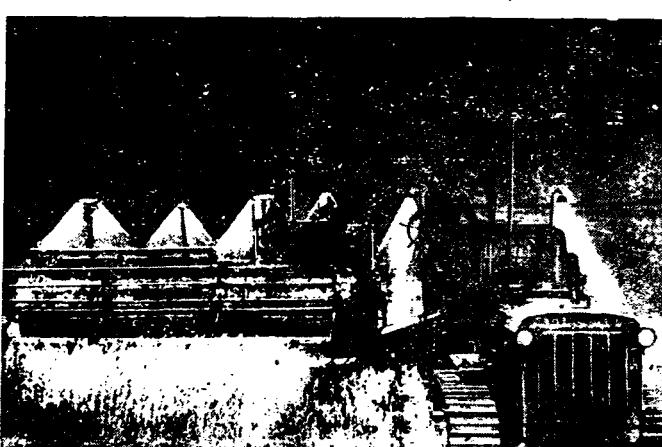


Рис. 1. Вологодская областная универсальная научная библиотека

Испытанный в течение двух сезонов на десятках комбайнов этот тип генератора со своим реле — аккумулятором РРА, показал вполне положительные результаты.

Генератор устанавливается на моторе комбайна и его привод осуществляется при помощи клиновидной передачи.

В качестве светильников на каждом комбайне устанавливаются 2 трехламповых софита конструкции ВИМЭ, расположаемых над ветровым щитом комбайна на высоте 3 м от земли с общей мощностью 550 W (софит поддерживается при помощи газовой трубы или деревянной стойки, укрепленной на хедере) и 4 малых светильника мощностью 18,9 W каждый для освещения основных рабочих мест на молотилке. Один светильник устанавливается над левым передним углом бункера и служит для освещения мотора, прицепа, бункера и зоны разгрузки зерна из бункера; второй и третий — по бокам молотилки — для освещения контуров машины, цепных передач, подъезда к комбайну и лестницы на штурвальную площадку; четвертый — соломо-полово-копнителю или над ним, в зависимости от типа последнего. Все светильники одинаковы и состоят из газовой трубы, изогнутой на конце специального ниппеля с нарезным хвостовиком и отражателя типа «Альфа-малая». Кроме того, по бокам молотилки устанавливаются штепселя для переносной лампы.

Однопроводная электропроводка общей протяженностью около 35 м выполняется обычным проводом марки ПР сечением от 10 до 15 mm², помещаемым в пазы деревянных реек, прокладываемых по пути исследования всей проводки. Рейки же кре-

пятся к деталям машины при помощи хомутов и накладок, зажимаемых под существующие болты.

Стоимость всех дополнительных приборов и материалов, необходимых для оборудования такого электроосвещения на комбайне, окупится уже за один сезон.

В заключение приведем отзывы самих комбайнеров, работавших ночью с электроосвещением.

«В текущем году электроосвещение на комбайнах у нас было установлено по проекту ВИМЭ. Если отвлечься от некоторых легко устранимых недостатков, выявившихся в процессе работы, то можно сказать, что проект ВИМЭ себя блестяще оправдал», — пишет знатный комбайнер-орденоносец, депутат Верховного Совета СССР т. А. И. Оськин в газете «Машиностроение».

То же подтверждают и стахановцы-комбайнеры тт. Кващин и Душин. В своем письме в редакцию «Правда» они пишут:

«...В эту уборочную кампанию на нашем агрегате из двух «сталинцев» ВИМЭ было установлено и работало оборудование для электроосвещения комбайнов. С этим освещением мы проработали в течение 17 дней и убрали ночами около 300 ha. За все время работ ночью мы не имели ни одной аварии и поломки и не замечали ухудшения качества работы».

В настоящее время НКЗ СССР принимает меры к широкому внедрению электроосвещения на комбайнах для ночной работы в южной и юго-восточной зоне Союза, где преобладают безросовые ночи и где ночная уборка может получить массовое распространение.

Передвижные электростанции в сельском хозяйстве

И. О. СМОЛЬКО и А. А. ИОСИФОВ

Москва

В ПОСЛЕДНЕЕ время наряду со стационарными установками в с. х. успешно стали применяться электростанции небольших мощностей передвижного типа. Для освещения сезонных работ и зарядки аккумуляторных батарей применяются электростанции передвижного типа мощностью до 6 kW. Передвижные станции более крупных мощностей несут моторную и осветительную нагрузки в полевых условиях, а также на территории усадьбы.

В народном хозяйстве уже эксплуатируется значительное количество передвижных станций. Рабочают они на лесоразработках, на строительстве дорог, строительных площадках, на ж. д. и водном транспорте и т. д.

Для с. х. особый интерес приобретают станции с газогенераторными установками, использующие местные виды топлива: дрова, торф, солому, сланцы и т. д.

Необходимо отметить оборонное значение газогенераторных электроустановок: местное топливо будет играть огромную роль в бесперебойном снабже-

нии электроэнергией производственных машин.

Учитывая это положение, можно утверждать, что передвижные газогенераторные станции должны найти широкое применение во всех отраслях народного хозяйства.

Приведем характеристики нескольких типов передвижных электростанций, освоенных промышленностью и находящихся в эксплоатации у нас в значительном количестве.

Автомобильная электростанция — станция переменного тока, напряжение 230 V, мощность 15 kVA. Смонтирована на полуторатонной грузовой автомашине ГАЗ-АА; в качестве первичного двигателя использован мотор автомашины, соединенный через редуктор с синхронным трехфазным генератором. Скорость передвижения по средним шоссейным дорогам 25—35 км.

Тракторная станция — станция переменного тока, напряжение 230 V, мощность 30 kVA. Смонтирована на тракторной прицепке. Первичным

двигателем является мотор автомашины ЗИС-5, спаренный через эластичную муфту с генератором переменного тока. Буксирование станции производится трактором, от типа которого и будет зависеть скорость передвижения.

Автоприцепные электростанции — станции постоянного и переменного тока, в отличие от тракторных, имеют автомобильную прицепку со специальным раскладным кузовом, обеспечивающим нормальные работы при любых атмосферных условиях и с оборудованием, смонтированным внутри прицепки.

Этот тип станции представляет значительный интерес для с. х. и может найти широкое применение.

В качестве первичного двигателя выбран серийно изготавляемый и в достаточно больших количествах применяемый в сельском хозяйстве двигатель от трактора-пропашника «Универсал» Кировского завода.

Характеристика двигателя: мощность 23 л. с., число оборотов 1250—1350, вес 550 kg, род топли-

ва — керосин, запуск — на бензине, расход горючего — 530 l на л. с., срок службы до капитального ремонта при нормальном уходе — 2000—2200 ч. Мотор трактора «Универсал» может работать на лигроине, соляровом масле, на смеси бензина и керосина, что является большим преимуществом.

Двигатель агрегата станции спаривается с синхронным трехфазным генератором переменного тока типа ПНТ-100 напряжением 230 V и мощностью 15 kVA. В качестве возбудителя применяется машина ПН-10 с напряжением 65 V.

Общий вид агрегата электростанции приведен на рис. 1. Соединение двигателя с генератором произведено эластичной муфтой из нескольких прорезиненных прокладок. Возбудитель соединяется с генератором через клиновидную передачу.

Для управления работой станции в автоприцепе смонтирован распределительный щит, снабженный минимально необходимой аппаратурой. Станция внутри имеет два типа освещения — одно питаемо непосредственно от генератора и другое — от аккумуляторной батареи, зарядка которой происходит от динамомашины, установленной на двигателе. Станция снабжается необходимым для работы кабелем, соединительной арматурой, запасными частями и пр., которые (за исключением кабеля) укладываются в верстак, предназначенный для мелкого текущего ремонта станции. Буксируется станция автомашиной ЗИС-5 или трактором. Скорость передвижения по хорошим шоссейным дорогам при буксировании автомашиной ЗИС-5 составляет 25—30 km. Для обслуживания такой станции на смену требуется один моторист.

В таком же исполнении выпускаются станции постоянного тока. На этих станциях установлена динамомашина мощностью 13,3 kW.

Более подробно необходимо остановиться на описание газогенераторной электростанции, предназначенной для районов, имеющих местное топливо.

Передвижная газогенераторная электростанция использует в качестве топлива дрова и является совершенно самостоятельной энергетической единицей. Эксплоатация такой электростанции возможна во всех лесных районах Советского Союза, независимо от территориального расположения их от ж. д. и снабжающих топливных баз. Станция может работать в любое время года, так как она имеет свою сушильную установку, работающую на отходящих газах первичного двигателя, и электропилу для заготовки топлива (чурок).

По своему исполнению станция рассчитана на бесперебойную работу по несколько суток подряд, что обеспечивается поочередным пуском смонтированных на ней двух агрегатов по 15 kVA каждый.

Характеристика станции: мощность первичного двигателя — 25 л. с.; установленная мощность станции — 30 kW; напряжение генератора — 230/120 V; ток — 37,5 A; $\cos \phi = 0,8$; 1500 об/мин; общая протяженность сети — 300 m; обслуживающий персонал на смену — 1 чел.; габаритные размеры станции при транспортировке — длина с тяговым приспособлением — 6250 mm, ширина — 2212 mm и высота — 2945 mm; габаритные размеры в развернутом состоянии — длина с тяговым приспособлением — 6250 mm; ширина — 3476 mm; высота — 2945 mm.

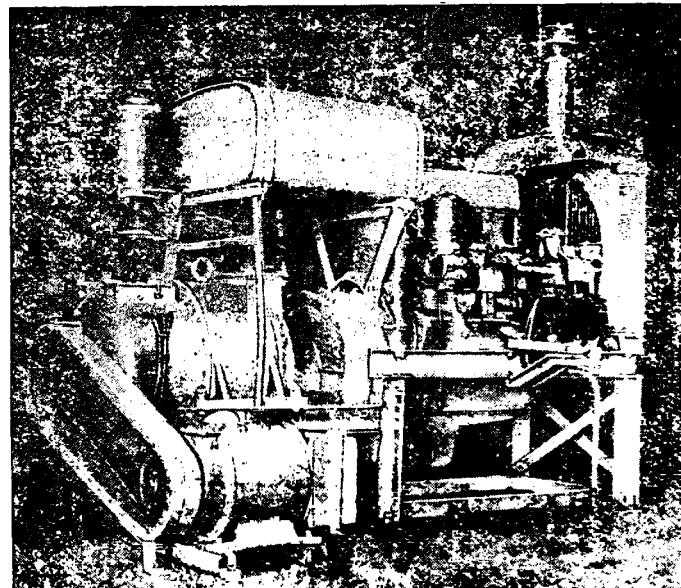


Рис. 1. Агрегат передвижной керосиновой электростанции

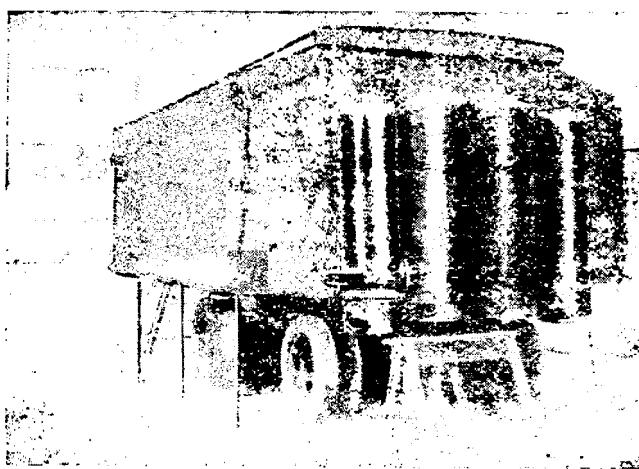


Рис. 2. Общий вид передвижной газогенераторной электростанции

Станция перевозится автомобилем ЗИС или трактором любой марки. Все оборудование смонтировано на двухосной автоприцепке. На автоприцепке имеется покрытие в виде кузова, состоящее из крыши, передней и задней стенок и откидных брезентовых боковых штор. Внутри электростанции установлены агрегаты и распределительное устройство, а все газогенераторное оборудование вынесено за пределы кузова и смонтировано к автоприцепке.

Каждый агрегат состоит из газогенераторного двигателя ГАЗ-АА мощностью при 1500 об/мин, 25 л. с., генератора ПНГ-100 мощностью 15 кВА, 220 В, 1500 об/мин и возбудителя типа ПН-10 мощностью 0,75 кВт.

Передача мощности от двигателя к генератору осуществляется через соединительную эластичную муфту.

Для охлаждения двигателя на раме агрегата установлен радиатор, в верхней и нижней части он соединен с двигателем прорезиненными рукавами. Охлаждение воды, циркулирующей через рубашку двигателя и радиатор, происходит путем обдува радиатора 4-лопастным вентилятором, установленным на двигателе и врачающимся с коленчатого вала через ременную передачу.

Газогенераторная установка состоит из двух газогенераторов типа НАТИ-Г-14 и двух очистителей, смонтированных сзади автоприцепки на швеллерной раме сварной конструкции. Охладители газа расположены под автоприцепкой и жестко скреплены с продольной рамой. Очистка охладителей производится путем вытаскивания из юхов внутренних решеток и удаления специальным совком угольной пыли и ды.

Подсушка топлива (чурок), загружаемых газогенератор, происходит в сушильном рабане, обогреваемом отходящими газами двигателя. Сушильная установка расположена около электростанции на земле и единена с выхлопной трубой двигателя. Во время работы электростанция освещается двумя лампочками, установленными на стенке кузова; расположены они так, что освещают работающий агрегат и станцию. При пуске в ночное время, когда агрегаты не работают, включается освещение от аккумуляторной батареи, которое имеет самостоятельную проводку и потолочные плафоны.

Каждый агрегат имеет свой распределительный щит. Щиты изготовлены в виде железных пультов, которых монтаж приборов и регулирующей аппаратуры выполнен закрытым способом. Принципиальная схема станции представлена на рис. 4. Для передачи электроэнергии потребителям имеется переносная сеть, состоящая из 3 и 2-жильных проводов кабелей сечением 10 и 6 мм². Для доставки подключения к электростанции и к потребителям переносная сеть снабжена алюминиевой арматурой. Для транспортировки вся разбирается, скатывается, связывается ремешками и укладывается для перевозки в автомобиль в автоприцепку.

Вологодская областная универсальная

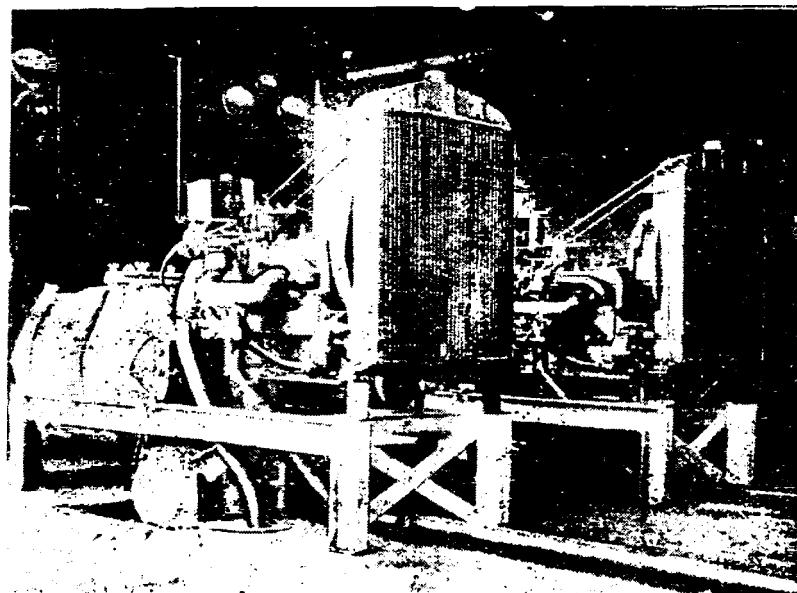


Рис. 3. Вид агрегатов газогенераторной электростанции

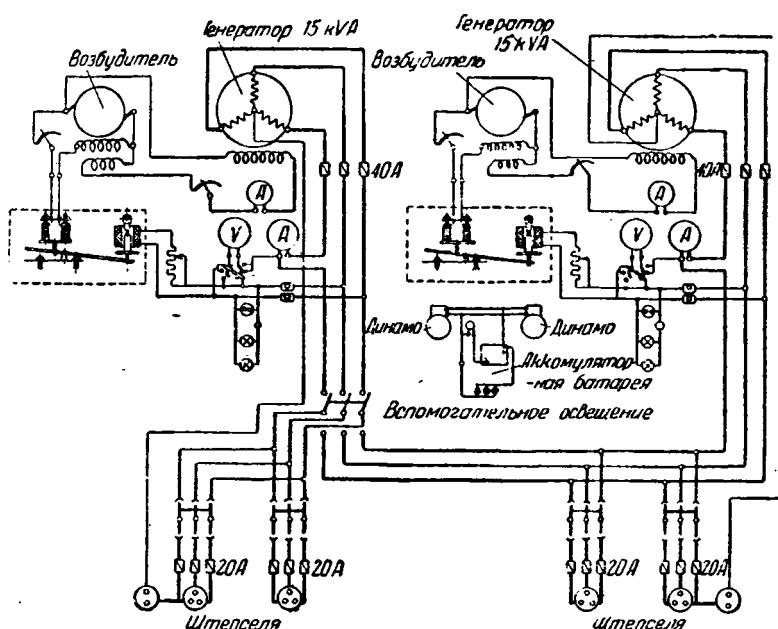


Рис. 4. Электросхема газогенераторной электростанции

Запуск первичного двигателя производится на бензине и может быть произведен без применения вентилятора. Время, потребное для пуска на бензине, от 10 до 40 мин. Запуск возможен как от заводской рукоятки, так и от стартера. Кроме того, на станции для разжигания предусмотрен электровентилятор. В этом случае уже потребность пуска на бензине отпадает.

Топливо желательно заготавливать из дров твердых пород (бук, дуб, береза) и т. п. Твердые породы после сгорания оставляют меньше золы, уголь получается плотнее и крупнее, что значительно снижает унос из газогенератора частиц угля и золы. Однако газогенераторная установка может работать на любой породе дров как лиственных, так и хвойных. При работе на древесине твердых пород, более высокого удельного веса, чем хвойные, загрузка газогенератора производится реже.

Для определения потребного запаса древесины можно исходить из следующих расчетов: вес одного кубометра сухих чурок в насыпку в зависимости от влажности и породы равен 250—350 kg. Средний часовой расход чурок при загрузке станции на 10—12 kW составляет 15—20 kg, следовательно, для 10-h работы при полной загрузке станции потребуется до 200 kg.

Для нормального процесса газификации влажность древесины должна быть не выше 15—18%. Подсушка топлива производится отходящими газами двигателя в специальном сушильном барабане. При полной загрузке станции летом за 1 h высушивается 30 kg сырых чурок с влажностью после сушки 15—17%.

Наша промышленность выпускает еще электростанции так называемого перевозимого типа.

На раме или соответствующей конструкции постаменте монтируется двигатель («Универсал» или СТЗ-ХТЗ), спаренный с синхронным генератором трехфазного переменного тока 20 или 15 kVA с напряжением 230 V. На стойках постамента или рамы монтируется распределительное устройство, состоящее из панели с приборами, регулирующими работу станции, и панели для приключения потребителей. Все это затягивается брезентовым тентом. Такого типа станции могут быть установлены либо постоянно на прочном фундаменте, либо закреплены временно на необходимый срок. Для перевозки их используется грузовая автомашина и устройство для погрузки станции на платформу, так как вес станции составляет 1500—2000 kg.

Одновременно в сельском хозяйстве могут найти применение мелкие передвижные электростанции постоянного тока с напряжением 115 V и мощностью 3 и 1,5 kW.

Эти зарядно-осветительные станции предназначены в первую очередь для зарядки аккумуляторов и для освещения. Станция состоит из 2-цилиндрового бензинового двигателя мощностью 6 и 3 л. с., спаренного с генераторами постоянного тока ПН-28,6 и ПН-17,5.

Двигатель, спаренный с генератором через эластичную муфту с кожаными прокладками, монтируется на раме, имеющей 4 колесика, что позволяет производить погрузку станции в кузов автомашины.

Распределительный щит электростанции состоит из железного ящика, на откидной крышке которого смонтирована необходимая аппаратура для регулировки работы электростанции, а в самом ящике аппаратура, необходимая для зарядки аккумуляторов.

Характеристика электростанции:

Мощность станции, kW	3	1,5
Напряжение, V	115	115
Мощность двигателя, л. с.	6	3
Тип генератора	ПН-28,5	ПН-17,5
Топливо	Бензин	
Вес, kg	260	90

Для характеристики работы станции ниже приведим сравнительную таблицу по расходу горючего на л. с.

Тип станции	Мощность kW	Сорт горючего	Расход на л. с.-час, g
Тракторные	30	Бензин	325
Автомобильные	15	"	325
Автоприцепные	15	Керосин	530
Газогенераторные	15	Древесные чурки	800—900
Переносные	20—15	Керосин	550
Зарядные	3—1,5	Бензин	400

Из таблицы видно, что наиболее приемлема д. с. х. газогенераторная электростанция, использующая местное топливо; вместе с ней могут найти применение и автоприцепные электростанции, работающие на керосине.

Передвижные электростанции при достаточно внимании со стороны заинтересованных в их развитии организаций найдут большое применение не только в сельском хозяйстве, но и в целом ряд отраслей промышленности.

Регулятор напряжения и числа оборотов для колхозных гидроэлектростанций

А. А. ГЛЕБОВИЧ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

РОЛЬ МЕЛКИХ гидроэлектростанций (гэс) в производственной и культурной жизни колхозов чрезвычайно велика. Однако задача получения дешевой энергии от таких гэс еще не получила своего окончательного разрешения. В результате обследования ряда гэс, ВИМЭ пришел к выводу о необходимости автоматизации всех основных процессов станций, исключая пуск в ход. ВИМЭ разработал схему автомати-

ской колхозной гэс мощностью от 20 до 500 kW*. Автоматизация электростанций сулит ряд выгод—ущемление вырабатываемой электроэнергии, улучшение качества ее и облегчения труда дежурных машинистов и пр. Однако применение существующих автоматических регуляторов склон-

* Под руководством автора в работе принимали участие инж. Н. А. Пригородская и техник А. И. Тощаков.

ости вращения и регуляторов напряжения для малых гэс (20—1000 kW) чрезвычайно дорого.

Для возможности осуществления проекта ВИМЭ необходим дешевый и надежный в эксплуатации регулятор напряжения и числа оборотов.

Подобного типа регулятор для одиночно работающего агрегата — водяная турбина — генератор — разработан в ВИМЭ автором. Регулятор предназначен для одновременного воздействия на положение регулирующего аппарата турбины и на сопротивление в цепи возбуждения возбудителя или генератора.

Регулятор воспринимает отклонение напряжения от номинального и действует на сервомотор (рис. 1 и 2) при помощи командных контактов и магнитного реверсивного пускателя. Сервомотор изменяет положение регулирующего аппарата турбины и сопротивление в цепи возбуждения таким образом, чтобы было восстановлено равенство момента вращения, развивающегося на валу турбины, и момента сопротивления, оказываемого генератором и потерями в передаче, при нормальном напряжении на клеммах генератора. Регулятор вступает в действие только в том случае, если напряжение изменится на величину, большую зоны нечувствительности регулятора.

Одновременное регулирование напряжения и числа оборотов, по схеме рис. 2, при помощи одного аппарата может обеспечить постоянство скорости вращения и напряжения только при постоянстве рабочего напора у турбины и одиночной зависимости между загрузкой агрегата $\cos \varphi$, принятых при расчете.

Если рабочий напор или $\cos \varphi$ отклоняются от величин, принятых при расчете элементов регулятора (реостат в цепи возбуждения), то при работе регулятора устанавливается другое число оборотов агрегата. Например, уменьшение рабочего напора приводит к снижению числа оборотов турбины по сравнению с номинальным понижение $\cos \varphi$ ниже расчетного влечет за собой увеличение числа оборотов. Это отклонение числа оборотов как при изменении напора, так при изменении $\cos \varphi$ незначительно и вполне допустимо. Например, при изменении рабочего напора на 30% число оборотов изменяется только на 4%. Влияние изменяющегося $\cos \varphi$ нагрузки показано на рис. 3.

Рассмотрим назначение и действие основных элементов регулятора. Индикатор напряжения представляет собой обычный трехфазный

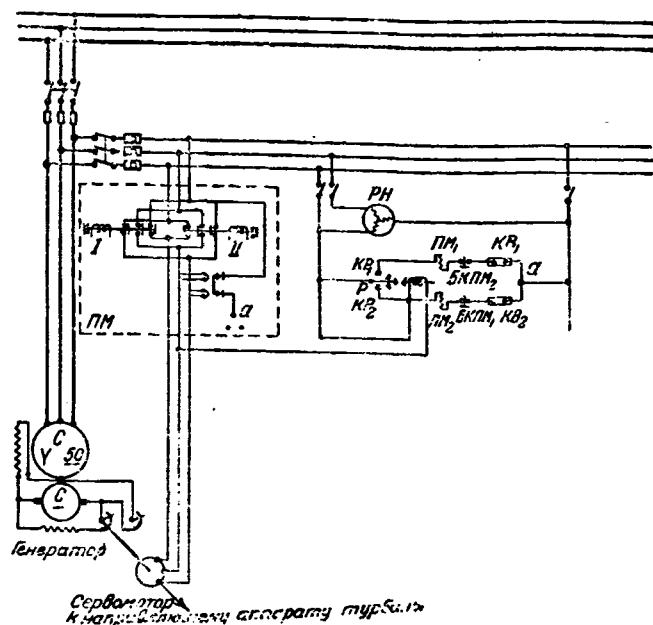


Рис. 2. Схема автоматического регулятора напряжения и числа оборотов для колхозных гидростанций
RH — индикатор напряжения; KP₁, KP₂ — командные контакты; PM — магнитный реверсивный пускатель; МВ — электромагнит выключения; БКПМ — блок контактов магнитного пускателя; KB — конечные выключатели-ограничители открытия и закрытия

заторможенный электродвигатель. Ротор моментного двигателя выполнен в виде тонкостенного цилиндра. В обмотку статора последовательно с ней включены в каждую фазу конденсаторы¹. Назначение этих конденсаторов — уменьшить влияние изменяющейся частоты на вращающий момент. Емкость конденсаторов подобрана таким образом, чтобы $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ при нормальной частоте и при нормальном токе в обмотке статора. Для ограничения величины тока и уменьшения влияния окружающей температуры последовательно с обмоткой статора и емкостью включено регулирующее активное сопротивление. Электрический момент, развиваемый моментным двигателем, уравновешивается постоянным моментом, развиваемым грузом, действующим на ротор постоянным плечом, в пределах допустимых поворотов ротора. При номинальном напряжении электрический момент равен механическому моменту, создаваемому грузом ($M_e = M_{sp}$).

Если $M_e - M_{sp} < M_{mp}$, где M_{mp} — момент трения в моментном двигателе, то индикатор напряжения находится в покое. Когда $M_e > M_{sp} + M_{mp}$ или $M_{sp} > M_e + M_{mp}$, ротор момента двигателя начинает движение и при наклоне на 15—17° от горизонтального положения замыкает командные контакты.

Командные контакты выполнены в виде ртутной колбочки с тремя контактами. В горизон-

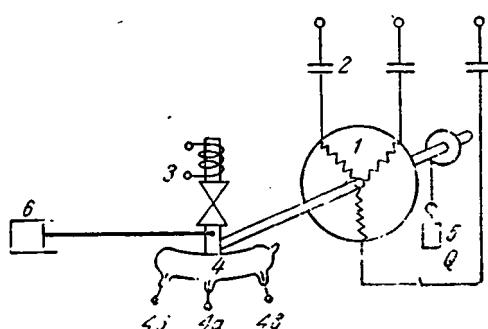


Рис. 1. Принципиальная схема индикатора напряжения: 1 — командные контакты 4 и электромагнитом выключения; 2 — конденсаторы; 3 — противовес; 6 — демпфер

¹ По предложению доктора технических наук члена-корреспондента Академии наук СССР проф. И. С. Брук.

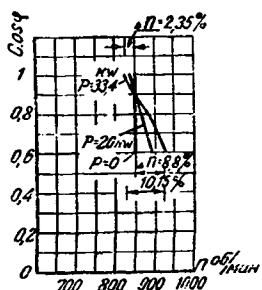


Рис. 3. Отклонение числа оборотов агрегата на гэс в с. Ярополец при изменениях $\cos \varphi$ ($n = 850$ об/мин)

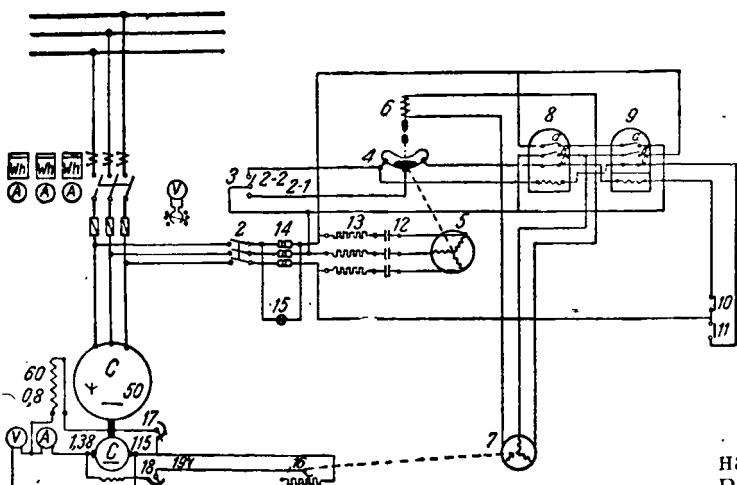


Рис. 4. Схема автоматического регулятора напряжения и числа оборотов турбины, установленного на Ярополецкой гэс

1 — главный рубильник на щите станции; 2 — главный рубильник схемы автоматического управления; 3 — переключатель на автоматическое управление (2—2) и на останов (2—1); 4 — ручная ляда; 5 — моментный двигатель; 6 — электромагнит отключения; 7 — сервомотор $P_H = 0,37 \text{ kW}$; 8 — электромагнитный пускатель (применено промежуточное реле ХЭМЗ); 10, 11 — конечные выключатели, соответственно минимального и максимального открытия; 12 — ёмкость $12 \mu\text{F}$; 13 — омическое сопротивление по 400 Ω ; 14 — предохранители; 15 — сигнальная лампа; 16 — автоматическое гидулируемое сопротивление; 17 — сопротивление в цепи возбуждения генератора; 18 — сопротивление в цепи возбуждения двигателя; 19 — рубильник, блокирующий автоматическое регулирование сопротивления

тальном положении контакты разомкнуты. При повороте на $15 \div 17^\circ$ вправо или влево замыкаются средний и правый или средний и левый контакты; замыкание контактов приводит к включению магнитного пускателя, сервомотора и электромагнита выключения.

Электромагнит выключения обтекается током только при работе сервомотора. Электромагнит выключения выполняет роль механизма обратного отвода командных контактов в выключенное положение. Таким образом электромагнит выключения дает возможность осуществить прерывистое регулирование и обеспечивает затухающий процесс регулирования. Однако при больших отклонениях регулируемой величины напряжения от номинального значения электромагнит выключения не в состоянии преодолеть суммарного момента, действующего на ротор:

$$|M_e - M_{sp} + M_{mp}| > M_{el. m.}$$

Поэтому регулятор получает непрерывную зону регулирования с максимальной скоростью изменения положения регулирующего аппарата турбины и сопротивления в цепи возбуждения².

Для осуществления настройки регулятора, обеспечивающей устойчивое регулирование агрегата, предусмотрены регулирующие реостаты в цепи электромагнита выключения и в цепи обмотки статора моментного двигателя. Пользование реостатами при одновременном подборе величины груза, уравновешивающего электрический момент момента двигателя, обеспечивает изменение параметров регулятора и дает возможность изменять соотношение между продолжительностью работы сервомотора и продолжительностью пауз. Для этой же цели предусмотрена и демпфер, который дает возможность для агрегатов с различными GD^2 получать периодическое или с небольшими затухающими колебаниями устойчивое регулирование.

Регулятор РН-Г-ВИМЭ проверен в лабораторных и производственных условиях на двух гэс:

на гэс № 1 в с. Ярополец им. Пимяти Ильиц Волоколамского района, Московской области (схема этой установки изображена на рис. 4) и на гэс в 85 kW в с. Рождествено Красногвардейского района Ленинградской области.

Один образец регулятора выставлен на Всеобщей с.-х. выставке в павильоне гидроэлектростанций.

Результаты работы регулятора показывают, что этот регулятор дешев (стоимость экспериментальных образцов — 3000 руб.) и вполне надежно работает при значительных колебаниях нагрузки. Малая скорость действия регулятора (напряжение и число оборотов восстанавливаются через 20—40 sec при 50% сбросе нагрузки требует ограничения мощности приключаемых двигателей).

Вопросы, связанные с применением регулятора, требуют еще научной разработки.

Результаты исследования показывают, что регулятор хорошо поддерживает напряжение и число оборотов в заданных пределах. Зона нечувствительности регулятора в $\pm 2 \div 4\%$ вполне допустима для колхозных гэс. Изменение частоты в пределах $\pm 5 \div 6\%$ также вполне допустимо. Для более крупных гэс (300—1000 kW) возможно применить некоторые дополнения к схеме, уменьшающие отклонения частоты в 2 раза ($\pm 3\%$).

Наличие нескольких зон регулирования — зон нечувствительности, двух зон прерывистого регулирования и двух зон непрерывного регулирования — обеспечивает необходимую гибкость системы. Довольно значительная зона нечувствительности обеспечивает меньший износ регулирующего аппарата и передачи к нему и уменьшает расход электроэнергии, затрачиваемой на регулирование.

Полученный опыт работы показывает, что регулятор описанной конструкции может явиться основным элементом устройства автоматической гидроэлектростанции.

После небольшого опыта приемки и эксплуатации автоматических гэс, на канале Москва—Волга, на Всеобщей сельскохозяйственной выставке и на двух опытных гэс теперь можно поставить практическую задачу осуществления мелких колхозных гидростанций, автоматизированных по схеме, разработанной ВИМЭ.

² Более подробно этот вопрос изложен автором в журн. «Механизация и электрификация сельского хозяйства» № 10—11, 1938.

Регулятор напряжения с применением дросселей насыщения и купротоксных выпрямителей

Н. И. ПЕТРОВ

Ленинградский институт механизации сельского хозяйства

В ТРЕТЬЮ пятилетку будет значительно увеличено строительство мелких станций и вопрос автоматизации их должно быть уделено должное внимание. В резолюции XVIII съезда ВКП(б) третьему пятилетнему плану развития народного хозяйства прямо указывается: «...Широко развернуть строительство мелких колхозных гидростанций, ветросиловых и газогенераторных электростанций на местном топливе».

Отставание мелких электростанций в отношении автоматизации производственных процессов должно быть ликвидировано, в первую очередь они должны быть снабжены надежными регуляторами напряжения и скорости.

Из большого числа разнообразных регуляторов напряжения для сельских электростанций значительный интерес с нашей точки зрения представляют регулятор, составленный из насыщенных дросселей и купротоксных выпрямителей. Принцип действия регулятора этого типа описали¹ в журнале *Journal № 4, 1936 г., C. R. West и I. D. Appleby*.

В результате теоретического исследования и анализа схемы регулятора автор рассчитал и спроектировал подобный регулятор применительно к синхронному генератору трехфазного тока мощностью 1 kW, 1500 об/мин, 220/127 V, с возбудителем на одном валу. Принципиальная схема этого регулятора представлена на рис. 1.

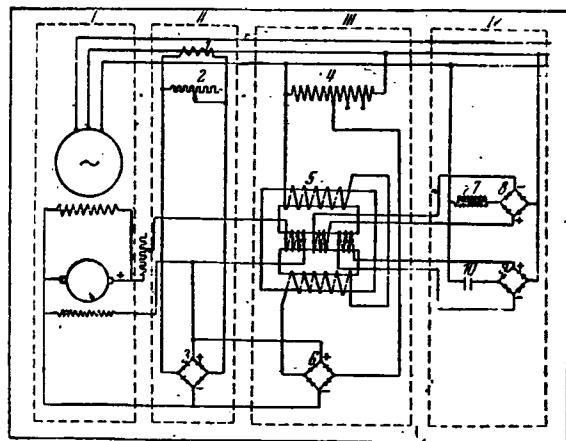


Рис. 1

-генератор с возбудителем; II - компаундирующий элемент, состоящий из трансформатора тока (1), шунтирующего сопротивления (2) и купротоксного выпрямителя (3); III - корректирующий элемент: автотрансформатор (4), трехстержневой генератор (5), купротоксный выпрямитель; IV - измерительный элемент: купротоксный выпрямитель (6, 9) и конденсатор (10)

Схема разработанного автором регулятора отличается от схемы, описанной в литературе, тем, что купротоксный выпрямитель компаундирующего элемента включен непосредственно к зажимам обмотки возбуждения возбудителя, и в измерительном центре вместо активного сопротивления введен

журнал «Энергетическое обозрение» № 1, 1937 это было дано в обработке инж. Шиферсона.

конденсатор. Замена активного сопротивления измерительного элемента конденсатором дает существенные преимущества. Во-первых, уменьшается активная мощность, потребляемая регулятором, во-вторых, усиливается действие корректирующего элемента в случае уменьшения частоты и ослабляется в случае увеличения ее. Вторая особенность приобретает существенное значение для станций, которые не снабжены автоматическим регулятором скорости.

Испытание регулятора, изготовленного в мастерских кафедры электротехники Ленинградского института механизации сельского хозяйства при статическом режиме дало весьма положительные результаты: регулятор можно настраивать не только на постоянство напряжения на шинах станций при различных нагрузках, но также и на повышение напряжения с увеличением нагрузки (кривые II и III рис. 2).

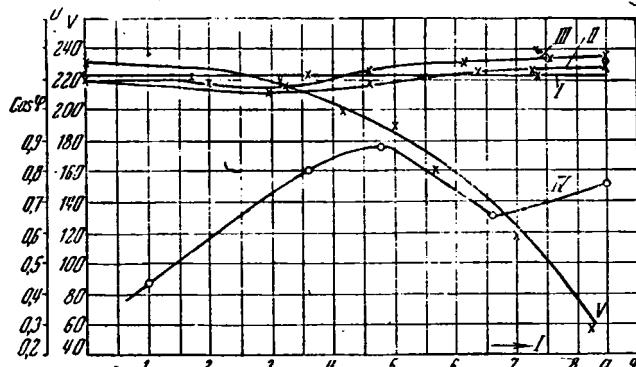


Рис. 2

I — напряжение генератора при настройке регулятора на постоянство напряжения; II и III — то же, но при настройке регулятора на две различных степени повышения напряжения; IV — $\cos \varphi$ в зависимости от нагрузки (генератор нагружался на два асинхронных двигателя, включаемых разновременно); V — внешняя характеристика генератора при отсутствии регулятора

Относительно конструкции и эксплоатационных свойств регулятора можно отметить следующее: регулятор не имеет никаких подвижных частей и поэтому не требует специально подготовленного места для установки; срок службы отдельных элементов (как-то: купротоксных выпрямителей, реакторов, конденсаторов) практически неопределенко большой; нет потребности в квалифицированном надзоре; невысокая стоимость, во всяком случае не выше стоимости регуляторов, применяемых в настоящее время.

Конструктивные и эксплоатационные особенности регулятора такого типа позволяют рекомендовать его для строящихся в настоящее время так называемых «микрогэс». Машинный агрегат «микрогэс» конструируется, как известно, так, чтобы установка его не требовала бы дорогостоящего здания электростанций. При этих условиях все вспомогательное оборудование, обслуживающее подобную станцию, должно быть особо надежным. Таким требованиям, с нашей точки зрения, удовлетворяет описанный регулятор.

Самовозбуждающийся асинхронный генератор

И. А. БУДЗКО и Ф. А. ГОРЯНОВ

Всесоюзный институт механизации и электрификации сельского хозяйства

АСИНХРОННЫЙ трехфазный двигатель, подобно всем другим электрическим машинам, при известных условиях может работать в генераторном режиме. Для работы двигателя в качестве генератора необходимо вращать его каким-либо первичным двигателем и создать в нем магнитный поток, индукирующий э. д. с. в обмотке статора.

Самовозбуждения машины можно достичь путем подключения параллельно статору статических конденсаторов по схеме, изображенной на рис. 1.

Намагничающий ток асинхронного генератора опережает э. д. с. на 90° , поэтому если включить машину по схеме рис. 1, вращая ее первичным двигателем, то ток, проходящий через емкость, будет являться для генератора намагничающим и создаст в обмотках статора магнитное поле. Первоначальная э. д. с. машины возникает вследствие остаточного магнетизма.

Величина напряжения генератора при холостом ходе определяется точкой пересечения прямой $X_c I_\mu$ с характеристикой холостого хода $U_1 = f(I_\mu)$.

Более удобно пользоваться кривой $U_1 = f\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)$, т. е. зависимостью напряжения от проводимости (рис. 2). По этой кривой можно сразу определить потребную величину емкостной проводимости $\frac{1}{X_c} = \frac{I_\mu}{U_1}$ для данного значения напряжения U_1 . В частности, зная ток холостого хода, легко найти величину емкостного сопротивления генератора при этом режиме и напряжении U_0 :

$$X_c = \frac{U_0}{I_\mu}. \quad (1)$$

При нагрузке поле ротора должно обгонять поле статора. Скольжение $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$, где n — число оборотов первичного двигателя, должно быть отрицательным. Следовательно, для постоянства частоты тока статора необходимо с повышением нагрузки увеличивать обороты первичного двигателя. При неизменном числе оборотов частота тока в статоре падает с увеличением нагрузки в отношении $\frac{1}{1-s}$.

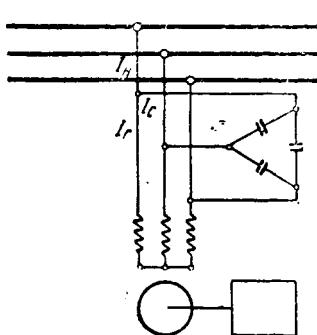


Рис. 1. Схема самовозбуждающегося асинхронного генератора с емкостью

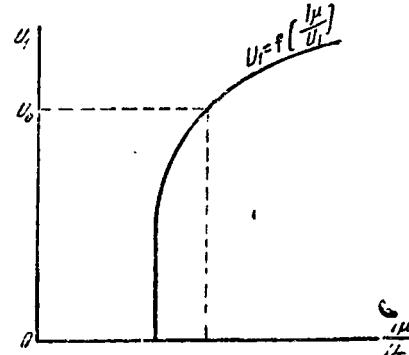


Рис. 2

Зависимость между напряжением генератора и нагрузкой можно определить, пользуясь круговой диаграммой генератора, построенной обычным способом, но заменив векторы токов соответствующими проводимостями (рис. 3). Из диаграммы следует, что алгебраическая сумма реактивных проводимостей генератора, нагрузки и емкости должна быть равна нулю:

$$\frac{1}{X} + \frac{I_\mu}{U_1} + \frac{I'_2}{U_1} \sin \varphi - \frac{1}{X_c} = 0,$$

где X — индуктивное сопротивление нагрузки.

В левой верхней части диаграммы строим кривую

$$U_1 = f\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right).$$

Работа генератора возможна лишь при соблюдении условия:

$$\frac{1}{X_c} > \frac{1}{X} + \frac{I'_2}{U_1} \sin \varphi + \overline{a_0 b}.$$

Пользуясь диаграммой рис. 3, можно определить для нагрузки с любым $\cos \varphi$ величину емкостного сопротивления X_c .

Внешние характеристики асинхронного генератора схожи с характеристиками шунтовой машины, т. е. при увеличении нагрузки его напряжение при постоянной включенной емкости падает. Ниже определенного значения напряжения устойчивая работа вообще невозможна. Нагрузка с $\cos \varphi$ меньшим единицы вызывает значительно более крутое падение характеристики.

Форма кривой напряжения асинхронного генератора весьма близка к синусоиде при всех режимах.

При к. з. машина оказывается лишенной возбуждения и очень быстро сбрасывает напряжение.

Если асинхронный самовозбуждающийся генератор должен работать на моторную нагрузку,

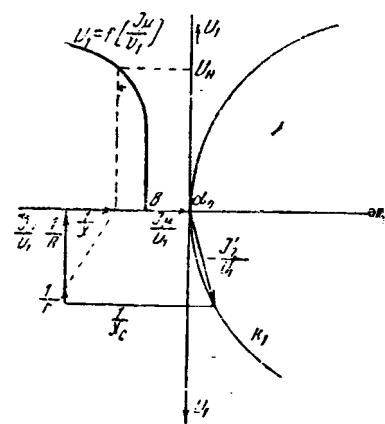


Рис. 3. Круговая диаграмма асинхронного генератора в проводимостях

постоянную к тому же из к.-з. двигателей, то в работе такого генератора возникает ряд трудностей. Индуктивный характер моторной нагрузки значительно утяжеляет работу генератора, вызывая большое падение напряжения. Затруднение возникает в отношении обеспечения устойчивой работы генератора при пусках к.-з. двигателей. В некоторых же случаях запуск двигателя невозможен вследствие значительного падения напряжения и даже полного развозбуждения генератора, особенно при относительно большой мощности запускаемого двигателя.

Применим уравнение (2) для исследования пускового процесса двигателей.

Проводимость нагрузки можно представить в виде двух слагаемых:

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_n} + \frac{1}{X_d}, \quad (4)$$

где $\frac{1}{X_n}$ — реактивная проводимость уже работающих от генератора двигателей, $\frac{1}{X_d}$ — реактивная проводимость вновь приключаемого двигателя.

Эта проводимость в основном обусловлена главным магнитным полем двигателей и характеризует их намагничивающую мощность.

Второе слагаемое $\frac{1}{X_d}$ представляет собой реактивную проводимость запускаемого двигателя, зависящую от скольжения двигателя. Для нормальных к.-з. двигателей мощностью от 5 до 30 kW проводимость к. з. в 6–18 раз превышает проводимость холостого хода.

Член $\frac{I_\mu}{U_1}$ уравнения (2) характеризует реактивную проводимость, обусловленную главным магнитным полем генератора. Величина его зависит от насыщения генератора (рис. 2). С количественной стороны рассматриваемая проводимость составляет основную часть всех реактивных проводимостей генератора.

Проводимость $\frac{I_2'}{U_1} \sin \varphi$, обусловленная рассеянием ротора, по сравнению с основной проводимостью $\frac{I_\mu}{U_1}$ невелика. Изменением ее пренебрежем и будем полагать, что она равна среднему своему значению. Для краткости обозначим: $\frac{I_2'}{U_1} \sin \varphi = \varphi_s$.

Для анализа работы генератора при пуске двигателей достаточно выявить изменение реактивной проводимости $\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_N$ в период пуска. Относительная величина этой проводимости

$$\frac{\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)}{\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_N} = \frac{1}{X_c} - f_n(U_1) - \varphi_s - \frac{1}{X_d}. \quad (5)$$

В случае пуска двигателей при постоянной емкости и при отсутствии предварительной нагрузки генератора

$$-\frac{\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)}{\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_N} = \frac{1}{X_c} - \frac{1}{X_d}. \quad (6)$$

Падение напряжения генератора, характеризуемое левой частью уравнения (5), возрастает одновременно отношением с $\frac{1}{X_d}$. Значение $\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_N$

тем больше, чем больше намагничивающая мощность генератора, т. е. оно растет вместе с размерами магнитной цепи генератора. Следовательно, чем мощнее и тихоходнее генератор, тем сильнее он насыщен и чем больше его воздушный зазор, тем больше это отношение.

Неравенство $\frac{1}{X_d} \geq \frac{1}{X_c} - \left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_0$ характеризует развозбуждение генератора. В этом неравенстве $\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_0$ представляет ту минимальную проводимость в ненасыщенном состоянии, при котором еще возможно возбуждение. При относительно небольших значениях проводимости $\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_N$ пуск двигателей без особых мер, повышающих устойчивость работы генератора, невозможен. Для увеличения устойчивости можно одновременно с двигателем включить добавочную емкость (увеличение проводимости $\frac{1}{X_c}$) и или искусственно уменьшить реактивную проводимость двигателя, включая последовательно с ним емкость. Первое мероприятие можно осуществить, применяя или быстродействующее приспособление, автоматически регулирующее емкость, или включая одновременно с двигателем достаточно большую постоянную емкость. Второе мероприятие практически осуществимо при использовании повысительного серийс-трансформатора. Первичная цепь трансформатора включается последовательно в цепь нагрузочного тока, во вторичную цепь включаются конденсаторы.

В случае пуска двигателей при нагруженном

генераторе $\frac{\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)}{\left(\frac{I_\mu}{U_1}\right)_N}$ будет изменяться тем меньше,

чем больше относительная величина слагаемого $f_n(U_1)$. Следует отметить, что пуск двигателей влияет на работу подключенных к генератору машин. При значительном падении напряжения работающие двигатели могут остановиться¹, что приведет к немедленному развозбуждению генератора вследствие резкого возрастания реактивной проводимости останавливающихся двигателей. Поэтому предварительное подключение двигателей к генератору оказывает эффект в том случае, если пуск не слишком затягивается.

Для проверки теоретического анализа было произведено экспериментальное исследование пуска к.-з. двигателей от асинхронного самовозбуждающегося генератора со следующими номинальными данными в двигательном режиме: тип МТ-61/4,10, 1500 об/мин, 220,380 V.

Для достижения устойчивой работы генератора были применены оба указанных выше способа — одновременное включение с двигателем добавоч-

¹ При полной загрузке работающих двигателей падение напряжения не должно превышать 30%.

личить мощность пускаемого двигателя примерно на полтора раза по сравнению с указанной.

Наилучшим способом, обеспечивающим надежную работу генератора при пуске, следует считать «компенсацию емкостью» двигателей (одновременное включение двигателя и добавочной емкости с небольшой автоматической регулировкой емкости на генераторе). Применение серийес-трансформатора нецелесообразно.

При применении переключателя со Δ на Δ со времененным включением добавочной емкости можно пуск к.з. двигателя с потребляемой мощностью, равной $20 + 25\%$ номинальной мощности генератора в двигательном режиме.

Область применения асинхронного генератора в основном определяется экономическими соображениями и условиями пуска от него асинхронных к.з. двигателей.

Основной слагающейся в стоимости генератора является стоимость конденсаторов. В установках можно использовать масляные конденсаторы нормального типа и в отдельных случаях параллельные, применяемые в радиотехнике.

Потребляемая емкость на единицу мощности генератора зависит от напряжения, числа оборотов машины, мощности ее и коэффициента мощности нагрузки.

Напряжение генератора должно быть возможно выше и для нормальных машин следует выбирать его равным 400 V.

Быстроходные машины, обладая меньшей начинавшей мощностью, требуют меньшую емкость. С этой точки зрения необходимо выбирать машину с минимальным числом полюсов. Условия пуска к.з. двигателей, однако, при этом ухудшаются.

Таблица

№ опыта	Условия опыта	Рисунок	Мощность пуск. двигат., kW	Общая емкость (μF)		Минимальное напряжение при пуске в % от номинальности
				до пуска	после пуска	
1	Генератор не нагружен. Включение двигателей с добавочной емкостью без серийес-трансформатора	42×0,8 0,8	335 335	489 401	38,5 80,0	1,0
2	Генератор нагружен на двигатель 2,2 kW. Включение двигателей по оп. 1	-2×0,8	508	662	54,1	0,8
3	Генератор не нагружен. Включение двигателей с серийес-трансформатором с последующей регулировкой емкости	52×0,8	335	489	37,0	0,8
4	Генератор нагружен на двигатель 2,2 kW. Включение двигателей по оп. 3	-2×0,8	508	662	39,0	0,6
5	Генератор не нагружен. Включение двигателей с добавочной емкостью и с переключением $\Delta - \Delta$ без серийес-трансформатора	2,2	335	439	51,8	0,6



Рис. 4

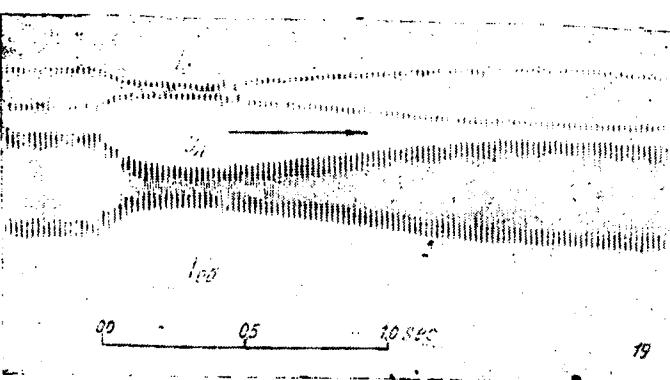


Рис. 5

ной емкости и серийес-трансформатор с последующей регулировкой емкости вручную. Серийес-трансформатор был выполнен с ненасыщенной магнитной системой. Коэффициент трансформации его — 19. Вторичные обмотки включались в звезду, а конденсаторы в треугольник. Емкость, включенная к трансформатору, была постоянной и равнялась $18 \mu F$. Вес серийес-трансформатора с конденсаторами составил 42 kg. Без применения серийес-трансформатора — при непосредственном последовательном включении емкости потребовалась бы конденсаторы на $6500 \mu F$. Вес такой батареи составляет примерно 450 kg.

Пуск двигателей производился как при ненагруженном генераторе, так и с предварительной индуктивной нагрузкой. Некоторые результаты опытов приведены в таблице. Наиболее характерные осциллограммы приведены на рис. 4 и 5.

За меру устойчивости генератора при пуске были приняты: величина падения напряжения и продолжительность его (таблица).

Из теоретического анализа и результатов опытов можно сделать следующие выводы.

Вполне устойчивый пуск к.з. двигателей от асинхронного самовозбуждающегося генератора без применения быстродействующего регулятора емкости возможен, если номинальная потребляемая мощность двигателя не превосходит приблизительно 10% «номинальной» мощности генератора. Номинальная мощность генератора относится к данным щита для режима работы машины двигателем. При наличии быстродействующего автоматического регулятора емкости можно уве-

На рис. 6 показана зависимость удельной емкости генератора 400 В, необходимой для возбуждения номинального напряжения при холостом ходе, и полной нагрузке, при $\cos \varphi = 1$ и 0,8, от мощности генератора. Кривые построены для асинхронных четырехполюсных двигателей. Рис. 6 показывает, что с увеличением номинальной мощности генератора потребная емкость на 1 kW падает, но падение это замедляется с ростом мощности. Влияние нагрузки и коэффициента мощности на увеличение потребной емкости значительно. Индуктивная нагрузка вызывает резкое увеличение потребной емкости. Если же учесть трудность получения устойчивой работы генератора при пусках к.-з. асинхронных двигателей, о чём подробно указывалось выше, то можно заключить, что применение его для работы на моторную нагрузку мало целесообразно.

Такой вывод сразу же исключает возможность применения асинхронного генератора для относительно больших мощностей и ограничивает ему область мощности до 15 kW в виде осветительной нагрузки. В этой области асинхронный генератор с самовозбуждением может получить зачетное распространение. В качестве примера укажем на мастерские машинотракторных станций. Все они имеют механический двигатель, приводящий во вращение трансмиссию. Однако электроприводы снабжаются только 10% станций. Установка небольшого асинхронного генератора мощностью 2—5 kW с приводом от трансмиссии позволит осветить производственные помещения и производить ремонт в любое время суток. Потребное оборудование состоит из нормального асинхронного к.-з. и батареи емкостью на 36—80 μF

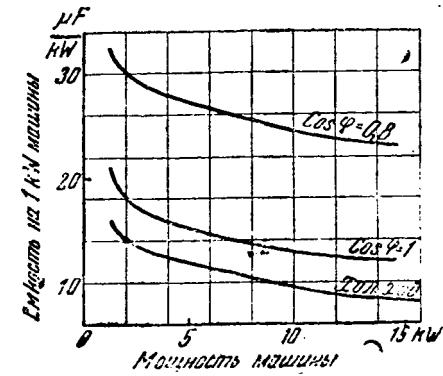


Рис. 6

из обычных парафинированных радиоконденсаторов.

Асинхронный генератор можно применить в передвижных осветительных электростанциях для освещения мелких потребителей — ж.-д. станций, маяков, полевых станов и т. д.

Литература

1. Кафедра электрических машин МИМЭСХ. Асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением (рукописный отчет), 1935.
2. ВИЭСХ. Асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением (рукописный отчет), 1936.
3. Эдельман И. М., Скворцов П. Ф., Белов Л. Н. Асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением. «Электрификация с. х.» № 2, 1937.
4. Рихтер, Электрические машины, том IV. Индукционные машины, 1936.
5. Напег Н. Трехфазный асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением. Bul. Assoc. suisse des Electr., февраль.

Заземления для грозозащитных устройств на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке

Е. Л. ШАЦ

Москва

РАЗРУШИТЕЛЬНОЕ действие, которое оказывает молния при прямом ударе, общезвестно.

С целью предохранения всех сооружений Всесоюзной сельскохозяйственной выставки «Электротреком» разработаны проекты грозозащиты зданий выставки, причем защита зданий осуществлена несколькими способами.

Дифференциация способов грозозащиты вызвана соображениями архитектурного порядка. Какова бы ни была система защиты, она всегда состоит из молниеприемной и токоотводящей частей и заземляющих очагов.

Оставляя вне рассмотрения в настоящей статье конструкции и монтаж молниеприемной и токоотводящей частей грозозащитных устройств, автор имеет в виду ознакомить читателей с конструкцией и монтажом заземляющих очагов.

Помимо того, что заземляющий очаг должен быть таким, чтобы в кратчайший срок и надежно отвести в землю ток молнии, он должен быть сделан таким образом, чтобы шаговое напряжение было в допустимых пределах. Выполнить эти задачи можно, сделав сопротивление заземляющего очага $\leq 10 \Omega$.

В результате специальных измерений, сделанных в пяти различных местах на территории выставки, удельное сопротивление грунта определяется величиной $0,66 - 1,17 \cdot 10^4 \Omega/\text{см}$, при этом коэффициент высыхания почвы принят равным 1,4. За расчетную величину принята, однако, $1,0 - 1,5 \cdot 10^4 \Omega/\text{см}$, за исключением тех павильонов и зданий, где будут постоянно находиться особо ценные животные-экспонаты. Исходя из принятой величины удельного сопротивления грунта и учитывая особую чувствительность животных к шаго-

вому напряжению, остановились на следующем количестве электродов в каждом заземляющем очаге: а) 5 электродов для всех павильонов и зданий, в которых не содержатся животные; б) 10 электродов для всех животноводческих павильонов и зданий.

Конструкция заземляющих очагов из 5 электродов представлена на рис. 1. Для 10 электродов конструкция идентична. Электроды изготавливаются из газовых труб $d = 2"$, длиной 3,0 м. Расстояние между электродами принято 3,0 м. Электроды забиваются в землю с таким расчетом, чтобы верхушки их были на 0,15—0,5 м ниже уровня грунта.

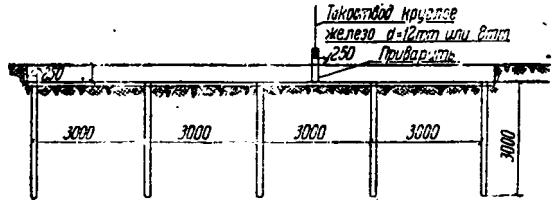


Рис. 1. Расположение заземлителя в траншее. Заземлитель из 5 электродов

Связь между электродами осуществляется при помощи приваренной к верхушкам электродов заземляющей шины из полосового железа 40×5 мм. Сопротивление такого заземляющего очага, включая заземляющие шины, будет оставаться в пределах $4-8 \Omega$, т. е. меньше нормированных 10Ω .

При монтаже грозозащитных устройств на всех объектах предстояло забить примерно 3500 электродов, из них на первоочередных объектах около 600.

Объем и срочность этих работ диктовали применение такого способа забивки электродов, который был бы значительно эффективнее обычного способа забивки вручную с помощью кувалды или бабы, требовал бы возможно меньше рабочей силы, приспособлений, был бы недорогим и причинял бы возможно меньше ущерба озеленению, проведенному к моменту начала этих работ на значительной части территории выставки.

Мы выбрали для забивки электродов гидравлический способ.

Опыт, произведенный нами в производственных условиях, показал возможность широкого применения этого способа.

Остановимся вкратце на сущности гидравлического способа, применяемого нами сейчас во всех случаях, когда вблизи места работ имеется водопровод с давлением воды 1—4 at.

Электрод заострен внизу с таким расчетом, чтобы оставалось отверстие $d = 1/2"$ (приблизительно). В электрод вставляется газовая труба $d = 1/2"$, длиной 4 м, имеющая в верхнем конце приваренную к ней полугайку Ротта $d = 1-1\frac{1}{2}"$, для присоединения к трубе шланга, в свою очередь соединенного с водопроводом. Труба $d = 1/2"$, связанная с шлангом, заклинивается в электрод. Это делается для того, чтобы она не могла поддаться вверх при работе.

Процесс забивки заключается в том, что вода, проходящая по внутренней трубе $d = 1/2"$ и имеющая определенный напор, размывает грунт под элек-

тродом. По мере образования под электродом лунки начинает опускаться.

Когда электрод вошел в грунт на требующуюся глубину (в наших условиях на 3,0 м), прекращается подача воды, внутренняя труба выдергивается.

Опыт показал, что можно забивать электрод несолько иным способом. А именно, после того как водой пробурен ствол по длине электрода (т. е. 3,0 м), можно, остановив предварительную воду, выдернуть всю конструкцию из двух труб сейчас же опустить в ствол другой электрод, подготовленный заранее. Такую замену необходимо сделать буквально в несколько секунд, ибо стоя некоторое время — 10—20 сек — электрод засасывается грунтом, сползающим с насыщенных водой стенок ствола, а также оседающими на дне частицами, взвешенными в первое время в воде остающейся в стволе. Существенной разницы в времени в обоих случаях не было.

Конструкция гидробура показана на рис. 2.

Небезынтересны результаты хронометражи, произведенного нами на протяжении нескольких дней при работах в ряде мест на территории выставки. Так как этот хронометраж был произведен в чисто производственных условиях, в обстановке за-канчивающейся стройки павильонов и зданий, при наличии на территории целого ряда неудобств: лесов, строительного мусора и пр., то точность его, вполне достаточная для практики, достигает примерно 5—20%.

Хронометраж показал, что в среднем затрата времени на забивку одного электрода составляет всего 0,51 чел.-час. При этом диапазон колебания времени, потребного на эту работу, достаточно велик: 0,25 чел.-час.—0,81 чел.-час. на 1 электрод.

Из полученных в результате хронометража данных можно сделать также и следующее заключение, что затрата времени на забивку 1 электрода имела тенденцию к снижению. Можно безошибочно утверждать, что затрату времени можно довести до 0,30—0,50 чел.-час на 1 электрод почти для всех случаев забивки электродов в грунты, аналогичные имеющимся на выставке (песок, суглинок, глина и т. п.). Мы убедились на опыте, что если организовать бригаду из 3 чел. с двумя гидробурами, то работа будет еще эффективнее. Можно считать, что продолжительность забивки 1 электрода при работе 2 чел. колеблется в пределах от 8 до 25 мин.

Для сравнения мы приведем данные из опыта забивки электродов вручную с помощью деревянной бабы: при четырех рабочих, работавших попарно, попеременно, продолжительность забивки 1 электрода составляла примерно 0,5 час., т. е. затрачено времени 2 чел.-час. Приблизительно такую же цифру дают и нормы времени на эту работу. Если учесть, что усталость рабочих возрастает

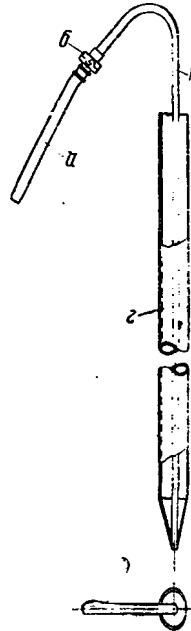


Рис. 2. Гидробур:
а — шланг, б — гайка Ротта, в — газовая труба $d = 120$ мм, г — газовая труба $d = 1/2"$, д — внутренняя труба $d = 1/2"$, е — электрод.

степенно к концу дня, то продолжительность забивки электрода гидравлическим бомбом в среднем 44 коп.; при ручной забивке цифра достигает 88 коп. — 1 р. 20 к.

Практические выводы, которые можно отметить следующие:

Нет надобности делать какие-либо специальные приспособления для забивки электродов опи-
саным способом, помимо $\frac{1}{2}$ " газовой трубы со шлангом.

2. В вертикальном положении электрод удерживается одним рабочим, производящим одновременно некоторое давление книзу на электрод. Это способствует более быстрому опусканию электрода.

3. Если движение вниз затормозилось или прервалось, в таких случаях помогает раскачивание поворачивание электрода. Обычно это бывает в первые моменты работы.

Описанное в настоящей статье является результатом работы по забивке гидроспособом всего

217 электродов. Работы по забивке электродов велись и дальше.

Понятно, что простота этого способа дает возможность применить его в целом ряде случаев, вне зависимости от объема работ.

Величина сопротивления заземления еще не проверялась. Опыт показывает, что, спустя некоторое время (10—30 sec) после забивки электрода в лунку, начинает сползать обильно смоченный водой грунт со стенок ствола, и, кроме того, начинает оседать в стволе вокруг электрода грунт, взвешенный в воде, оставшейся в стволе. После того, как рассосется вода, грунт приобретет плотность, не меньшую той, которую он имел до бурения.

Будущие измерения сопротивления заземления, надо полагать, подтвердят это предположение.

В заключение следует отметить, что желательно аналогичным способом провести забивку электродов на ряде строек с тем, чтобы получить целый ряд разнохарактерных материалов для суждения об его эффективности.

НОВОЕ В АВТОТРАКТОРНОМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

Современные тенденции в области электрического зажигания

Э. М. ПАЙКИН

Автомобильный завод им. Сталина

РАЗВИТИЕ транспортных двигателей внутреннего сгорания за последнее десятилетие значительно повысило уровень требований к системе электрического зажигания. 10 лет назад обычный автомобильный двигатель имел 4 цилиндра и работал при максимальной скорости порядка 2500 об/мин. Современный двигатель имеет 6—8 цилиндров и максимальное число оборотов в минуту 3500—4000. Увеличение числа цилиндров и оборотов двигателей потребовало высить число искр в минуту с 5000 — величине, характерной для устарелых двигателей, до 100—16 000 искр в минуту, иначе говоря нагрузка системы зажигания возросла более чем вдвое. Нагрузка системы зажигания возросла еще благодаря тому, что степень сжатия у современных двигателей достигла 6,2—6,7, чему сопутствовало повышение рабочего напряжения второй цепи приборов зажигания.

Мощность современных автомобильных двигателей также значительно возросла. В 1928—29 гг. мощность двигателя 5-местного легкового автомобиля равнялась в среднем 40 л. с.,

теперь автомобили этого же класса снабжаются 70 \div 100-сильными двигателями.

Существенные изменения вносят в требования к системе зажигания применение газогенераторных и дизельных двигателей. Газогенераторный двигатель имеет увеличенную степень сжатия — порядка 7—10. Напряжение, необходимое для получения искры на электродах свечи, у этого двигателя значительно выше, чем для обычных бензиновых, и нормальные системы батарейного зажигания не обеспечивают необходимой степени надежности работы. Поэтому на газогенераторных двигателях часто применяется зажигание от магнето¹, либо специальные системы батарейного зажигания, развивающие повышенное напряжение. На рис. 1 изображены характеристики индукционной катушки и распределителя для газогенераторного автомобиля и для сравнения — анало-

¹ Для двигателей с большим рабочим объемом употребляется даже двойное зажигание от двух магнето и двух свечей в каждом цилиндре, как, например, сделано на газогенераторном тракторе МТЗ.

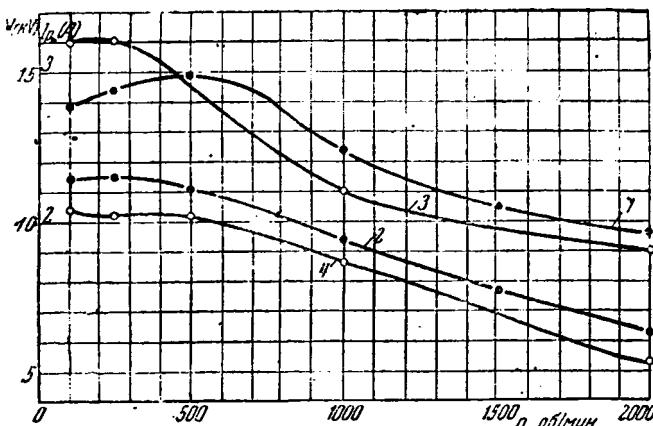


Рис. 1. Вторичное напряжение (1 и 2) при работе на разрядник, шунтируемый сопротивлением $0,5 \text{ M}\Omega$, и ток в момент размыкания контактов (3 и 4) в зависимости от числа оборотов распределителя

1 и 3 — бобина и распределитель для газогенераторного автомобиля; 2 и 4 — бобина и распределитель обычного типа

гичные характеристики катушки и распределителя для автомобиля с бензиновым двигателем.

Зажигание автомобильных двигателей. Подавляющее большинство автомобилей имеет батарейное зажигание. Вопрос о сравнительных преимуществах батарейного зажигания и зажигания от магнето многократно освещался в специальной литературе. Следует лишь указать, что общизвестно преимущество зажигания от магнето над батарейным — более высокое напряжение на больших оборотах — практически не имеет такого существенного значения, какое ему иногда приписывают. Сейчас уже имеются надежные конструкции индукционных катушек и распределителей для двигателей, развивающих 4000—4200 об/мин, и система зажигания отнюдь не лимитирует возможность дальнейшего повышения числа оборотов.

Успехи батарейного зажигания не исключают, однако, целесообразности в ряде специальных случаев применения на автомобиле зажигания от магнето. В частности, второй системе нередко можно отдать предпочтение во многих областях специального применения автомобилей, где желательно повысить надежность системы зажигания, исключив ее зависимость от исправности аккумуляторной батареи. Обычно подобного рода специальные автомобили имеют стандартные двигатели, приспособленные для батарейного зажигания, и установка на них магнето нормальной конструкции встречает затруднения. Иногда для этой цели двигатель снабжается добавочным приводным валиком и кронштейном (двигатель ЗИС-5). Эти затруднения устранены в появившемся за границей несколько лет назад вертикальном магнето, предназначенному для установки на место распределителей батарейного зажигания и идентичный им по креплению, установочным размерам и передаточному отношению к коленчатому валу двигателя. Массовое производство вертикальных магнето советской конструкции должно быть освоено заводом АТЭ-1 в 1939 г.

Привод распределителя у большинства автомобилей осуществляется посредством шестеренок со спиральным зубом. Зубчатое зацепление по-

добного рода передает усилие лишь одной кой, поэтому при неблагоприятных усло виях оно подвержено значительному износу. Заспределителя вертикальным магнето значительно увеличивает нагрузку этой передачи, — и с массой ротора сильно возрастают инерционные усилия, к которым добавляются магнитные. Поэтому при решении вопроса об установке вертикального магнето на двигатель должна тщательно проверена надежность работы зубчатой передачи привода в изменившихся условиях. В случае передача, очевидно, будет нуждаться в усиливании.

За последние годы в приборах батарей зажигания наибольшим конструктивным изменениям подвергся механизм автоматического регулирования опережения.

Давно известные и широко применяющиеся центробежные регуляторы опережения увеличивают угол опережения при повышении числа оборотов двигателя. Однако изменение момента зажигания в зависимости только от скорости вращения не отвечает полностью всем требованиям эксплуатации. Современные легковые автомобили работают в условиях городской езды, понятным причинам, при неполной нагрузке двигателя. В связи с этим весьма важное значение приобретает вопрос о рациональной установке момента зажигания в зависимости от нагрузки двигателя.

На рис. 2, составленном согласно данным НАТИ [1], показан ряд кривых мощности двигателя легкового автомобиля М-1 в зависимости от изменения момента зажигания, снятые при одном же числе оборотов — 1500 об/мин.

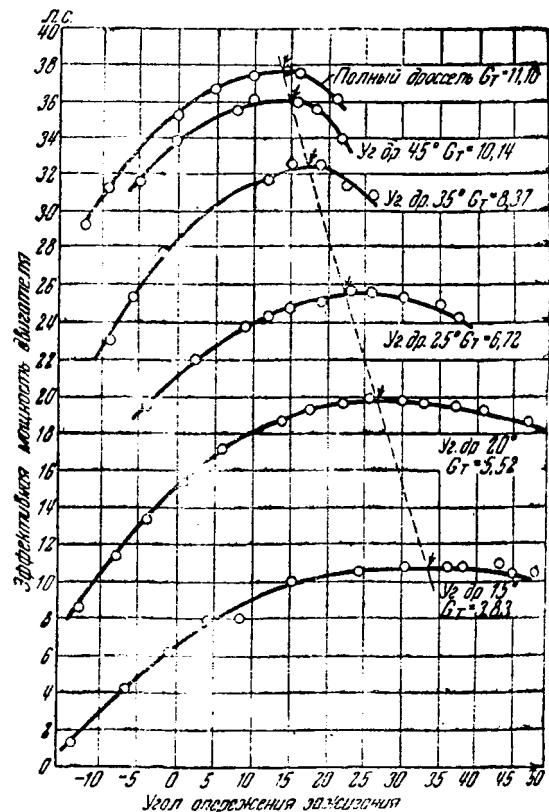


Рис. 2. Эффективная мощность двигателя автомобиля М-1 в зависимости от опережения зажигания при 1500 об/мин и различных нагрузках

ные рис. 3 (построенные по тем же данным, что и кривые рис. 2) позволяют определить экономию горючего при одновременном регулировании опережения в зависимости от оборотов и нагрузки двигателя. Например, условия профиля должны требовать, чтобы двигатель развивал при данной скорости мощность 14 л. с., которой соответствует точка А на рис. 3. Часовой расход горючего образуется точкой А. При регулировке опережения в зависимости от оборотов и нагрузки этой мощности 14 л. с. соответствует точка В, и расход горючего будет изображаться точкой В. Отрезок АС дает в масштабе теоретически возможную (при идеальной характеристике регулятора) новую экономию горючего, составляющую для этого примера 0,4 kg/h или 8,3%.

Приведенные данные дают достаточноное представление об экономическом значении регуляторов опережения в зависимости от нагрузки. Устройство их регуляторов основано на том, что разрежение всасывающем коллекторе двигателя по мере увеличения нагрузки падает.

Наиболее распространенной конструкции вакуумного регулятора опережения место отбора вакуума в всасывающем патрубке соединяется трубочкой герметичной камерой регулятора. Мембрана из кированной ткани (в некоторых конструкциях вакуум-регуляторов вместо мембранны применяется щенек) подвергается действию разрежения, по мере увеличения которого она, передвигаясь, сжимает пружину. С мембраной связана тяга, конец которой соединен со штифтом на пластинке прерывателя. Прогиб мембранны вызывает поворот пластины прерывателя, за счет чего и происходит изменение момента зажигания. У распределителей с вакуумным регулятором опережения имеется центробежный регулятор обычного типа, действующий на кулачки. Такое устройство создает полную независимость действия вакуумного и центробежного регуляторов опережения. Угол опережения распределителя в каждый данный момент является суммойгла поворота пластины под действием вакуум-регулятора и угла поворота кулачка под действием центробежного регулятора. На рис. 4 дана характеристика распределителя АТЭ-НАТИ.

Типичная конструкция распределителя с центробежно-вакуумным регулятором опережения изображена на рис. 5, где показан опытный образец цилиндрового распределителя завода АТЭ-1 для автомобиля ЗИС-101.

Для определения реальной экономии топлива благодаря применению вакуум-регулятора летом 1938 г. НАТИ были поставлены эксплуатационные испытания на автомобиле М-1 с опытным распределителем с вакуум-регулятором конструкции завода АТЭ-1. Испытания показали, что экономия в обычных скоростях городской езды колеблется в пределах 4—6%.

Введение вакуум-регулятора является наиболее существенным конструктивным изменением распределителей за последние годы. Помимо этого, служивают быть отмечеными некоторые улучшения отдельных деталей, получившие распространение и оправдавшие себя в эксплуатации. Прежние конструкции распределителей для двигателей с числом цилиндров 8 и больше имели двухрычажный прерыватель. В настоящее время распре-

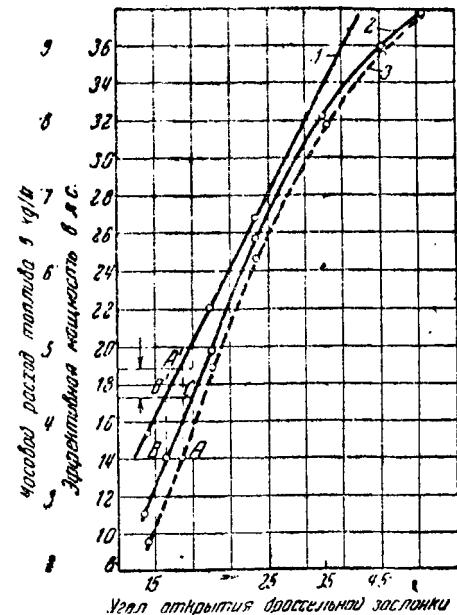


Рис. 3

1 — часовой расход топлива; 2 и 3 — мощность при наивыгоднейшем опережении для частичных (2) и полной нагрузок двигателя М-1 в зависимости от открытия дросселя

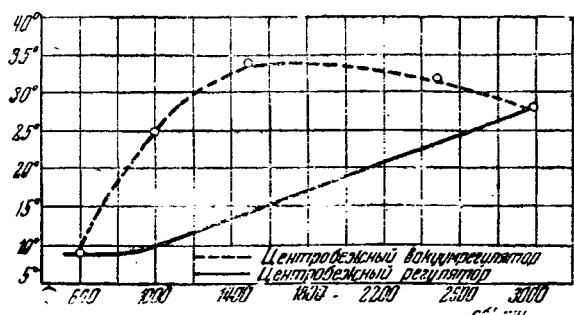


Рис. 4. Характеристика центробежно-вакуумного распределителя АТЭ-НАТИ в зависимости от числа оборотов двигателя М-1

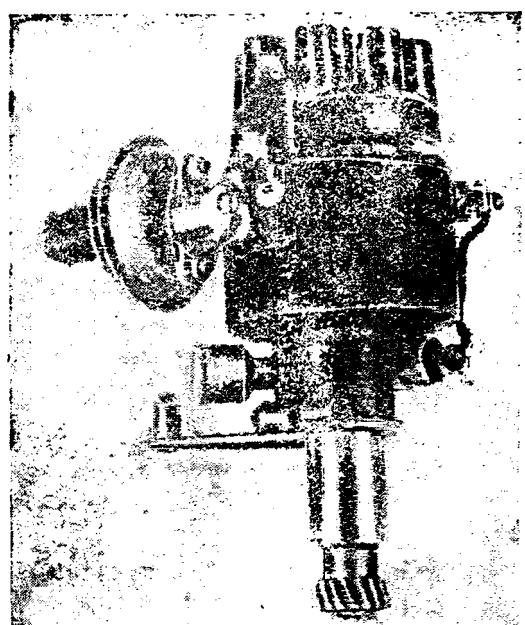


Рис. 5. 8-цилиндровый распределитель с центробежно-вакуумным регулированием опережения

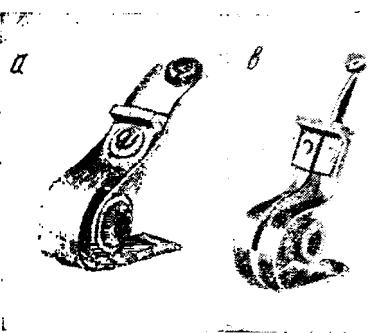


Рис. 6. Рыжачок прерывателя П- и Т-образного (б) сечения

делители для этих же двигателей изготавляются с однорычажными прерывателями, что дает ряд эксплуатационных преимуществ.

В связи со стремлением к переходу на однорычажный прерыватель и, следовательно, удвоением его нагрузки повышаются требования к конструкции рычажка. Несколько лет назад в батарейном зажигании почти повсеместно применялись штампованные рычажки П-образного сечения (рис. 6, а). Требованиям современных однорычажных распределителей, работающих при большом числе разрывов тока в минуту, эта конструкция неудовлетворяет, главным образом, вследствие ее недостаточной жесткости, влекущей вибрации, вредно отражающиеся на работе распределителя. На рис. 6, б показана одна из современных конструкций рычажков Т-образного сечения значительной жесткости.

На верхних двух осциллограммах рис. 7 видны

вибрации П-образного рычажка при 2000—2500 об/мин. У Т-образного рычажка не наблюдается вибраций (нижние две осциллограммы) 2500 об/мин.

Рычажки П-образного сечения уступают Т-образным еще и в том, что при работе с кулачками имеющим крутой профиль (6 и 8-гранные кулачки) они создают значительный шум и тем самым нарушают требование бесшумности, предъявляемое к агрегатам современного автомобиля.

Развитие конструкций индукционных катушек зажигания (бобин) за последние годы характеризуется решительным преобладанием катушек американского типа с открытой магнитной цепью расположением первичной обмотки поверх вторичной. Эти катушки обладают рядом производственных и эксплуатационных достоинств: простота и дешевизна изготовления; значительное противление первичной обмотки, вследствие большой средней длины витка, освобождающее от необходимости включать защитное сопротивление в цепь; практически полное размагничение сердечника при разрыве первичного тока; хорошее сцепление магнитного потока первичной обмотки с витками вторичной; хорошие условия охлаждения первичной обмотки. Перечисленные преимущества обеспечили им широкое распространение не только в Америке, но и в Европе, где они в значительной мере вытеснили катушки с полузащищенной магнитной цепью.

Ряд изменений был произведен также в конструкции свечей. Большинство из них выражает тенденцию к уменьшению габаритных размеров свечи и площади, занимаемой ею на головке цилиндра. Тенденция эта характеризуется уменьшением диаметра резьбы на ввертной части корпуса свечи. Имевшая еще недавно исключительное применение резьба диаметром 18 мм употребляется только у 16% всех типов американских автомобилей модели 1939 г. В большинстве типов автомобилей (66%) применяются свечи с резьбой ввертной части 14 мм и на 18% моделях применяются свечи с резьбой 10 мм. У свечей с малым диаметром ввертной части температура центрального электрода и юбочки изолятора устанавливается при работе на двигателе, значительно быстрее, чем у 18-мм свечей, что также является преимущественным эксплуатационным преимуществом.

Зажигание тракторных двигателей. На большинстве тракторов аккумуляторные батареи отсутствуют. Это обстоятельство обусловило применение зажигания от магнета почти на всех тракторных карбюраторных двигателях.

К тракторным магнетам предъявляются специфические требования: пыле- и водонепроницаемость, простота обслуживания, механическая и электрическая прочность и длительность срока службы как отдельных деталей, так и магнета в целом; наконец, дешевизна в массовом производстве. Тракторные магнеты обычно имеют довольно низкие начальные обороты бесперебойного искрового разования (80—150 об/мин при 7-мм трехэлектродном разряднике). Для облегчения запуска двигателя, производимого вручную, они снажаются пусковым ускорителем. Число искр в минуту, которое должно давать тракторное магнето в большинстве случаев не превосходит 2000—3000

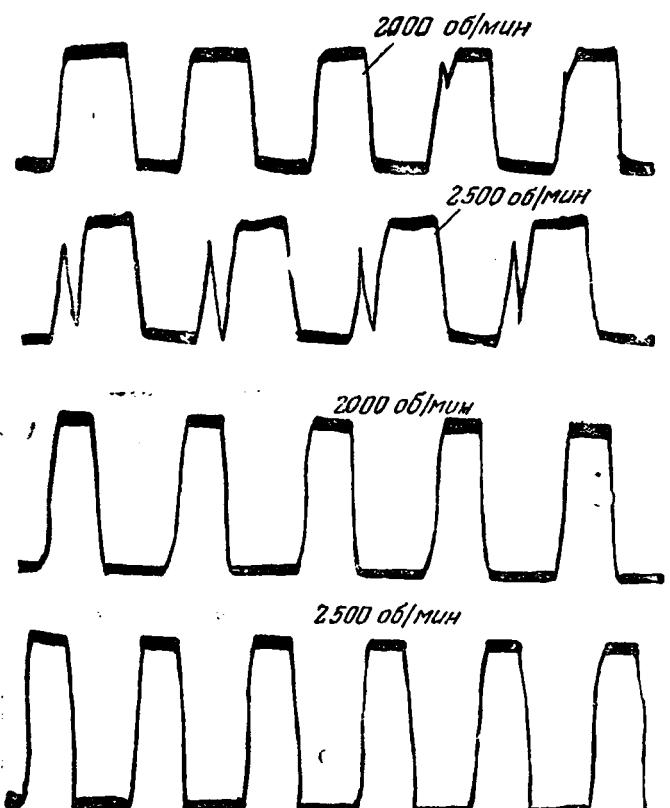


Рис. 7. Осциллограммы работы рычажков П- (верхние две осциллограммы) и Т-образного сечения в цепи с омическим со-

В связи с требованием простоты устройства и обслуживания и работой тракторного двигателя эксплуатации на мало изменяющемся режиме тракторные магнето часто выпускаются без регулировки момента зажигания и на двигателе дают постоянный угол опережения. Запаздывание зажигания при запуске, необходимое для предотвращения обратных вспышек, создается пусковым засорителем.

В 1932 г. были открыты новые материалы для постоянных магнитов — сплавы железа, никеля и алюминия. Магнитные свойства этих сплавов многократно освещались в специальной печати. В качестве примера эффективности применения этих сплавов для тракторного магнето можно указать на разработанное заводом АТЭ-1 2-цилиндровое магнето типа МТ-2 для пускового двигателя дизельного трактора ЧТЗ. На рис. 8 показан наружный вид магнето МТ-2 и рядом с ним для сравнения магнето старой конструкции типа СС-2 с магнитом из хромистой стали, в таблице сравниваются основные параметры магнето обоих типов.

Тип магнето	Вес магнето kg	Вес магнита kg	Максимальный полезный магнитный поток, M	Минимальные обороты бесперебойного искрообразования на 7-мм разряднике, об/мин
СС-2 . .	5,4	1,4	23 000	90—150
МТ-2 . .	2,4	0,24	23 000	80—120

Из рис. 9 видно, что магнето МТ-2, имея меньшие габариты и вес, развивает большее напряжение, чем магнето СС-2.

Несмотря на значительные преимущества, которые, как это было показано выше, дает применение железо-никель-алюминиевых сплавов для тракторных магнето, в порядке дня стоит вопрос о применении на тракторах принципиально иной системы зажигания. Речь идет о зажигании от индукционной катушки, питаемой от генератора переменного тока. Большинство тракторов, — в СССР — все, снабжаются генератором для освещения при ночной работе. Несколько лет назад появились предназначенные для этой же цели генераторы с потоком возбуждения, создаваемым постоянными магнитами. Простота и надежность конструкции этих генераторов

и отсутствие необходимости в регуляторе напряжения² являются их преимуществами. В настоящее время вопрос о целесообразности введения на тракторе генератора переменного тока с постоянными магнитами вместо генератора с регулятором напряжения следует считать в принципе решенным положительно. Применение такого генератора на тракторе делает принципиально возможным осуществить зажигание от индукционной катушки.

Две схемы включения индукционной катушки,

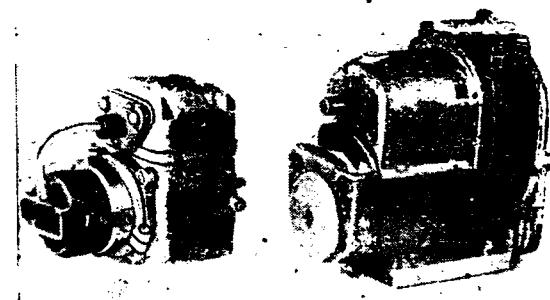


Рис. 8. Магнето МТ-2 и СС-2

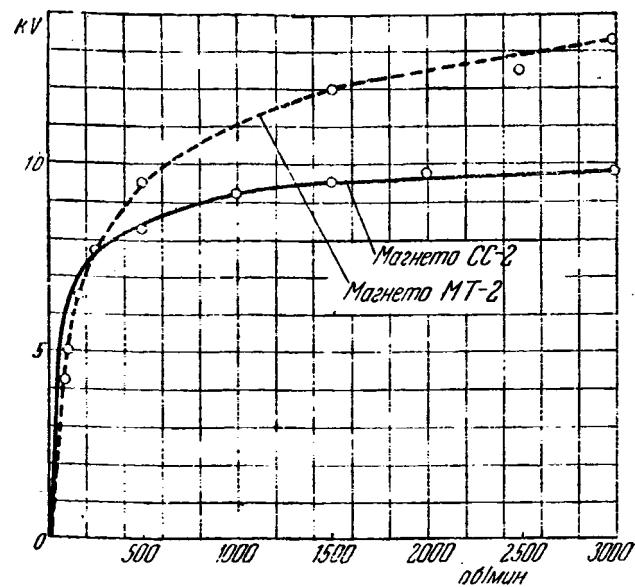


Рис. 9. Вторичное напряжение магнето МТ-2 и СС-2 при работе на разрядник, шунтированный сопротивлением 0,5 МΩ

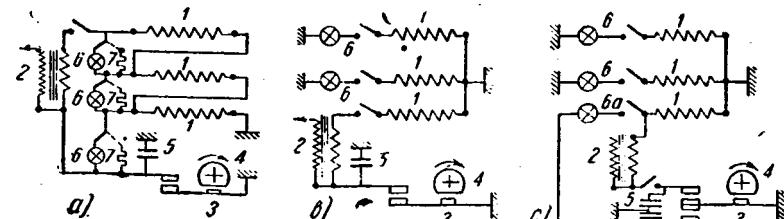


Рис. 10. Схемы включения индукционной катушки с питанием от генератора переменного тока

а — от трех обмоток, б — от одной, в — от одной обмотки при прерывателе с двумя парами контактов; 1 — обмотка генератора переменного тока, 2 — индукционная катушка; 3 — рычажок; 4 — кулачок прерывателя; 5 — конденсатор; 6 — двух- и 6a — одноконтактная лампа; 7 — сопротивление

разработанные ВЭИ, изображены на рис. 10. Согласно схеме а три обмотки генератора переменного тока соединены последовательно и питают первичную обмотку индукционной катушки; лампочки же питаются каждая от одной обмотки. Согласно схеме б питание индукционной катушки и лампочек осуществляется от отдельных обмоток генератора.

В обычной схеме батарейного зажигания, когда индукционная катушка питается от аккумуляторной батареи, энергия тока, разрываемого прерывателем, равна $\frac{L_1 i_p^2}{2}$, где L_1 — индуктивность первичной обмотки катушки, i_p — значение тока в момент размыкания контактов. При питании индукционной катушки от генератора для обеспе-

² Регулирование напряжения генератора при изменении числа оборотов двигателя происходит за счет изменения частоты и, соответственно, изменения падения напряжения в самоиндукции обмоток генератора.

чения такой же степени надежности работы системы зажигания ток к моменту разрыва i_p , должен иметь ту же величину, что и в первом случае, но электромагнитная энергия в разрываемой цепи будет при этом значительно больше и равна $\frac{(L_1+L_a)i_p^2}{2}$, где L_a — индуктивность обмотки генератора. Увеличение энергии разрываемого тока вызывает повышенное искрение контактов. Путем увеличения емкости конденсатора, шунтирующего контакты прерывателя, было получено значительное уменьшение искрения контактов в установке, работавшей по схеме *b*. В схеме *a* удовлетворительные результаты в отношении искрения дало применение сопротивлений 7 , которые включаются при выключении лампочек.

В таблице содержатся следующие основные данные, полученные при испытании системы зажигания от 6-полюсного генератора завода АТЭ-1 типа Г-30 с индукционной катушкой типа ИГ-4085: минимальные и максимальные обороты бесперебойного искрообразования на 3-электродный игольчатый разрядник с искровым промежутком 7 мкм; вторичное амплитудное напряжение при 250 и 2500 об/мин; ток разрыва при 2500 об/мин; искрение контактов.

Схема	Миним. оборот об/мин	Максим. оборот об/мин	Вторичное напряжение в кВ				Искрение на контактах при $n = 2500$ об/мин	Ток разрыва, А		
			$R_{\text{ш}} = \infty$		$R_{\text{ш}} = 0,5 \text{ M}\Omega$					
			$n = 250$	$n = 2500$	$n = 250$	$n = 2500$				
<i>a</i>	220	Более 2500	10,4	13,7	6,7	8,0	2,38	Нормальное		
<i>b</i>	285	Более 2500	9,3	47,3	6,3	16,4	4,0	Слегка повышенное		

Данные таблицы показывают, что система зажигания с применением любой из этих схем может обеспечить работу тракторного двигателя на рабочем диапазоне его оборотов. Запуск двигателя и необходимое при этом изменение момента зажигания (установка позднего зажигания) могут быть осуществлены так же, как и при зажигании от магнето, — посредством применения пускового ускорителя, действующего на генератор и прерыватель. Следует, однако, отметить некоторые недостатки обеих схем. При схеме *b* ток разрыва при 2500 об/мин слишком высок и не обеспечивает достаточной длительности срока службы контактов прерывателя. Минимальные обороты при обеих схемах превышают величину, установленную ОСТ $\frac{15}{2543}$ для тракторных магнето (150 об/мин).

Сравнивая обе схемы, необходимо отметить, что в отличие от схемы *b* при соединении по схеме *a* проводка на тракторе должна быть выполнена по двухпроводной системе, кроме того, она требует специальных переключателей и добавочных сопротивлений. Преимущество ее то, что она обеспечивает при генераторе с 3 обмотками питание 3 лампочек.

К числу недостатков схемы *b* относится еще плохое использование обмотки, питающей индукционную катушку. Ток через эту обмотку проходит только при замкнутых контактах прерывателя угол замкнутого состояния которых не велик ($30-40^\circ$ для шестиполюсной системы). На протяжении остальной части окружности эта обмотка не работает.

Возможность питания 3 лампочек по схеме за счет улучшения использования обмоток генератора дает схема *c* (рис. 10), предложенная Д. Я. Любовичем. Схема *c* основана на применении специального прерывателя с двумя парами контактов; когда первая пара разомкнута, вторая замкнута, и наоборот. Одна пара контактов включена, как обычно, в цепь индукционной катушки, другая — в цепь одной из лампочек; эта лампочка и катушка питаются от одной и той же обмотки генератора. На протяжении каждого оборота генератора ток в лампочке прерывается на время

$$t = \frac{\alpha}{6 \cdot n},$$

где α — угол замкнутого состояния контактов, n — число оборотов в минуту генератора. Для альтернатора Г-30 при угле замкнутого состояния контактов 40° и нормальной скорости 2100 об/мин $t=0,003$ сек, т. е. оно настолько мало, что не может вызвать мигания лампочки.

Недостаток схемы *c* — наличие разнотипных лампочек (с одно- и двухконтактным цоколем), вызванное необходимостью применения двухпроводной системы для лампочки, питающейся от той же обмотки, что и индукционная катушка.

В связи с необходимостью синхронизировать момент искрообразования с работой двигателя привод генератора переменного тока должен осуществляться посредством зубчатой или цепной передачи. Число оборотов генератора переменного тока берется обычно выше числа оборотов двигателя; для генератора Г-30 на тракторе СТЗ-НАТИ передаточное отношение с коленчатого вала двигателя равно 2:1. Число оборотов распределителя, как известно, должно относиться к числу оборотов коленчатого вала, как 1:2. Поэтому валик распределителя должен быть связан с валом генератора переменного тока передачей с передаточным отношением (в данном случае) 1:4, либо иметь отдельный привод на двигателе.

Прерыватель может быть помещен как на валу распределителя, так и на валу генератора переменного тока. В первом случае почти всяко, даже незначительное, изменение момента размыкания контактов, например, вследствие износа колодочки рычажка, благодаря большому передаточному отношению будет сильно влиять на величину тока разрыва и, таким образом, на работу всей системы зажигания. Поэтому значительно более рациональным следует признать расположение прерывателя на валу генератора.

Система зажигания от генератора переменного тока и индукционной катушки имеет большие перспективы. Недостатки ее не имеют принципиального характера. Есть все основания предполагать, что после устранения этих недостатков при зажигании от генератора и индукционной

ушки наряду с существенными экономически-
в преимуществами может быть достигнута не-
шья эксплуатационная надежность, чем при
зании от магнито.

Литература

- 1 Б. Конев, Опережение зажигания и работа двигателя
"Мотор" № 5, 1938.
2 Отчеты экспериментального пека автозавода им. Сталина.
3 Отчеты НАТИ.

4. Отчеты лаборатории зажигания завода АТЭ-1.
5. А. С. Кант ер, Зажигание двигателя внутреннего сго-
рания от генератора переменного тока, "Электричество" № 7,
1938.

6. А. С. Кант ер, Новые идеи в автотракторном электро-
оборудовании, "Электричество" № 9, 1936.

7. R. M. Critchfield, Moderne Automotive Electrical Equipment. SAE Journal, August 1937.

8. R. M. Critchfield, Effect of Application on Main-
tenance of Automotive Electrical Equipment. SAE Journal,
Octobre 1938.

9. H. Rabezzane, Some Factors Controlling Part-Load
Economy. SAE Journal. December 1938.

ВОПРОСЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

За рациональное использование электроэнергии на автотракторных заводах¹

Н. Ф. КАЗИН и М. И. ТРЕХОВ

Автомобильный завод им. Сталина

ЖУРНАЛЕ «Электричество» № 7, 1938 г., на-
ми были разобраны основные вопросы рацио-
нального потребления электроэнергии при экс-
плуатации асинхронных электродвигателей на ав-
тракторных заводах. После опубликования
статьи на завод поступали и продолжают посту-
пать от ряда предприятий письма, содержащие
желание выслать материалы, касающиеся, главным
образом, практики внедрения рекомендованных
в статье мероприятий. Это дает нам основание ис-
следовать, что многие заводы смогли найти для себя
публикованных материалов полезные сведения.
Обмен опытом по экономии электроэнергии с
представителями заводов, посетившими Автозавод
им. Сталина, показывает, что работы, проводимые
в этом направлении с другими токоприемниками
(асинхронные электродвигатели, электропечи и элек-
трическое освещение) также представляют инте-
рес.

Все это побудило авторов дать описание работ
по рациональному использованию электроэнергии
в повышению соэффициенте некоторых токоприемников.

Электропечи. На автотракторных заводах широ-
ко применяются электропечи для плавки металла
термообработки изделий. Потребление электропечей
составляет примерно 15% общего расхода
электроэнергии по заводу. При средней мощности
плавовых электропечей, равной примерно 1000 кВА,
печей для термообработки 75 кВА, экономия 5%
электроэнергии на одной дуговой печи будет со-
ответствовать такой же экономии по 300 электродвигателям, поэтому вопросам рационального ис-

пользования электроэнергии на печах должно
быть уделено особое внимание.

Дуговые печи. Вопросы экономного использова-
ния электроэнергии в дуговых печах должны раз-
решаться комплексно. Необходимо в работающей
печи выявить все энергетические потери (электри-
ческие и тепловые) и установить оптимальный тех-
нологический режим выплавления металла, что тре-
бует проведения всестороннего испытания дуго-
вых электропечей в производственных условиях.

Испытание дуговой электропечи в производ-
ственных условиях распадается на четыре этапа:
подготовка к испытанию; осуществление их; обра-
ботка материалов опыта и изыскание мер, способ-
ствующих снижению расхода электроэнергии;
внедрение в производство намеченных мероприя-
тий.

Подготовка к испытанию электропечи начинает-
ся с выявления паспортных данных печного транс-
форматора (P , U , I , r , x , z), схемы включения из-
мерительных приборов и пускорегулирующей аппа-
ратуры печи, определения размера шин, гибких
кабелей и электрородов.

В течение нескольких дней производятся наблю-
дения за работой печи, во время наблюдений фик-
сируется режим работы печи: количество часов ра-
боты и плавок в сутки, вес выпускаемого металла
одной плавки и фактический расход электроэнергии
на тонну выпускаемого металла, состав ших-
ты и ее весовые соотношения, продолжительность
отдельных периодов плавки (расплавление, ра-
финировка, догрев), разлив, очистка и заправка пе-
чи, перерыв между плавками. Во время наблюде-
ний за работой печи нужно обращать внимание

¹ См. журн. «Электричество» № 7, 1938.

на все недостатки в ее работе: наличие больших зазоров у электродов, способствующих прорыву горячих газов, медленная, несвоевременная загрузка шихты и т. д.

Одновременно производятся предварительные замеры температур поверхности для определения поясов средних температур печи с указанием точек крепления термопар при окончательном испытании.

Нами принят упрощенный метод замера температур поверхности.

На боковой поверхности печи наносятся мелом 5—6 образующих, на которых замеряются температуры в 8—10 точках, сверху вниз. По данным замеров находят на каждой образующей точку, соответствующую температуре, при которой тепловые потери были бы равны потерям, подсчитанным по температуре каждой точки по данной образующей. Соединяя эти точки между собой, получают пояс средних температур боковой поверхности печи, на которой и производятся замеры температур в 8—10 точках во время испытания. Среднеарифметическая из всех температур есть та температура поверхности печи, с которой можно оперировать при расчете по формулам тепловых потерь. По такому же принципу определяются средние температуры свода и пода печи. В отдельных местах, где температура резко отличается от ближайших точек, — металлические части дверцы печи, участок свода между электродами и пр., подсчет тепловых потерь производится отдельно.

Испытание сводится к периодическому измерению температуры поверхности печи, хронометражу работы печи и снятию показаний приборов.

При хронометраже очень важно обращать внимание на все моменты работы печи, влияющие на увеличение тепловых и электрических потерь: время разливки металла, длительность промежутков, во время которых дверца оставалась открытой, перерыв между концом плавки и началом следующей загрузки, вес присадок и пр.

Данные испытаний заносятся в таблицы. Нами разработаны следующие таблицы: хронометраж работы печи, таблица температур, тепловой и энергетический баланс печи и таблица потерь.

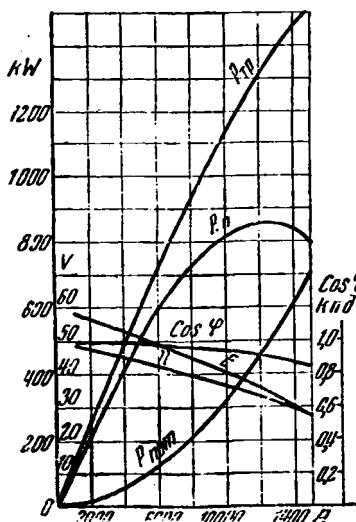


Рис. 1. Диаграмма Рике для печи ЭРУ при напряжении 120 В

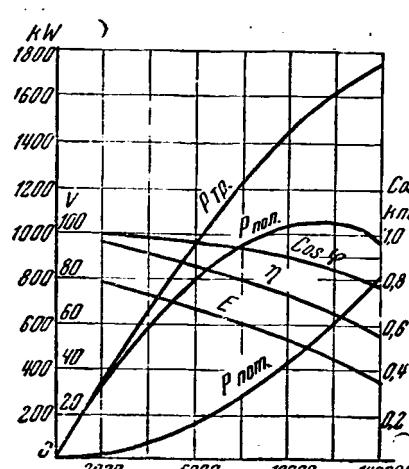


Рис. 2. Диаграмма Рике для печи ЭРУ при напряжении 164 В

Для построения рабочих характеристик определяется омическое, индуктивное и обсопротивление всей установки. По трансформаторам во всех случаях желательно получить фирменные данные. По отдельным участкам проводов, включая и электроды, необходимые данные определяются из опыта к. з. Данные опыты позволяют строить круговые диаграммы; из круговых диаграм определяются: $P_{\text{полн}}$, $P_{\text{пот}}$, $\cos \varphi$ и η . Кратко перечисленные величины в зависимости от тока печи с мощностью трансформаторов 700 kVA приведены на рис. 1 и 2. Подобная же диаграмма была снята для напряжения 82 V.

Анализ диаграмм позволяет сделать следующие выводы.

Работа печи при напряжении 82 V совершила неэкономична. При напряжении 120 V и номинальной нагрузке трансформатора, $\eta_{\text{н.з.}} = 0,83$, $\cos \varphi = 0,97$, ток низкой стороны 6000 A, $P_{\text{пот}} = 110$ кВт при напряжении 164 V номинальная мощность может быть получена при $\eta_{\text{н.з.}} = 0,88$, $\cos \varphi = 0,95$, $P_{\text{пот}} = 80$ кВт, $I = 3200$ A. С точки зрения рационального использования электроэнергии целесообразнее работать с напряжением 164 V. Однако в окончательного решения необходимо составить энергетический баланс и определить полный к.п.д. печи. Для составления полного энергетического баланса должны быть определены тепловые потери всей поверхности печи.

Потери (kWh) на лучеиспускание равны:

$$5,9 \cdot E F t \left[\left(\frac{T_2}{1000} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{1000} \right)^4 \right] \cdot 10,$$

где $E = 0,7$ — коэффициент излучения железа, T_1 и T_2 — температура поверхности и воздуха в °K, F — площадь боковой поверхности, t — продолжительность плавки.

Потери на теплоотдачу:

$$b (T_2 - T_1) (2 + 5,5 \sqrt{v}) F t \cdot 10,77,$$

где $b = 0,00011$ — коэффициент теплоотдачи для железа, v — скорость воздуха в м/сек. Излучение от открытой дверцы:

$$C \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \frac{F t}{864,5};$$

$C = 4$ — коэффициент лучеиспускания для футеровки, T_2 — температура печного пространства, F — площадь открытого окна в м², t — время тепла открытой дверцей следующим определять для четырех периодов плавки ($T_2 = 1000$ —1200°); расплавление твердой шихты до появления жидкого металла ($T_2 \approx 1500$ °); подогрев расплавленного металла ($T_2 = 1780$ °); очистка печи от шлака и заправка подогревом ($T_2 = 1700$ °).

Электрические потери определяются по графикам самопищущих амперметров и ваттметров. В зависимости от характера потребляемой мощности эти графики разбиваются на несколько частей (чаще на 2 — расплавление твердой шихты и рафинировка) и определяются среднюю величину тока для периода.

Электрические потери в электродах не определяются, так как большая часть электрода находится в печи и эти потери используются для нагрева печеного пространства. Тепловые потери электрода подсчитываются по формуле Паскье (для однофазной печи).

После подсчета всех потерь составляются энергетические диаграммы. Из энергетических диаграмм рис. 3 и 4 видно, что к. п. д. печи при напряжении 164 В ниже, чем при 120. Это объясняется тем, что при работе печи с напряжением 164 В значительно возрастают тепловые потери свода и боковой поверхности. При анализе причин увеличения тепловых потерь нами было установлено, что потери возрастают за счет того, что загрузка кокса для науглероживания чугуна производится сверх металла. Вследствие этого длинная дуга горит совершенно открыто и большое количество тепла дуги излучается на футеровку. Были проведены несколько плавок, при которых размельченный кокс загружался на подину. В этих случаях горящая дуга быстро выплавляет в твердой шихте колодец, горит внутри металла, и излучение тепла на футеровку значительно сокращается, вследствие чего плавка проходит интенсивнее.

Во время проводимых экспериментальных плавок температура свода снизилась на 25—30%, расход электроэнергии уменьшился на 18% по сравнению с плавками, при которых кокс загружался поверх шихты. На основе испытаний печи ЭРУ нами был разработан следующий режим работы.

Печь загружать до 1500 kg (вместо 800—900), что дает снижение расхода энергии за счет уменьшения тепловых потерь 450 kWh/t; производить разливку металла двумя ковшами, сократив время разлива на 30 min, что дает экономию энергии на подогреве металла 100—120 kWh/t; загружать измельченный кокс на подину, а для лучшего зажигания дуги под электроды подкладывать по куску кокса; при расплавлении твердой завалки пользоваться напряжением порядка 164 V и при подогреве жидкого металла напряжением около 90—120 V; загрузку печи для следующей плавки производить немедленно после затравки подины с целью аккумулирования тепла в загруженной шихте; на разливное окно поставить металлическую дверцу с футеровкой и уменьшить сечение загрузочного окна; углубить ванну и теплоизолировать кожух.

Термические электропечи. Для установления режима работы по термическим электропечам, способствующего снижению расхода электроэнергии, необходимо проводить точно такие же испытания, как и для дуговых электропечей.

Термические электропечи можно разбить на две основные группы: электропечи сопротивления с периодической загрузкой изделий и печи конвейерного типа. К электропечам с периодической загрузкой можно отнести печи типа Хомо, Хумп, камерные электропечи, силитовые и пр.

Можно указать на следующие мероприятия, способствующие снижению расхода энергии печей периодической загрузки.

Механизация погрузочно-разгрузочных работ сокращает времяостояния печи с открытой разгрузочной дверцой. Потери через разгрузочную двер-

Рис. 3. Энергетическая диаграмма дуговой печи ЭРУ при работе с напряжением 120 V

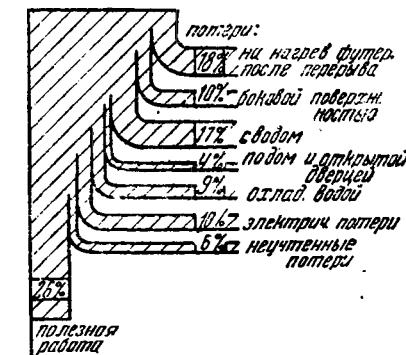
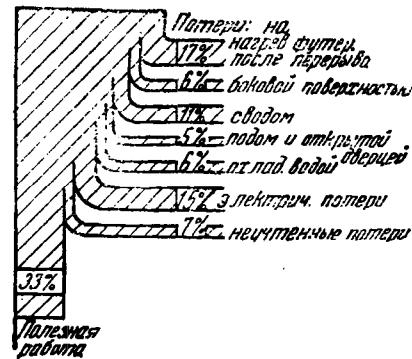


Рис. 4. Энергетическая диаграмма дуговой печи при работе с напряжением 164 V

ци в отдельных случаях достигают 50% всей энергии. Так например, печь типа Хумп для разогрева колец маховика стоит открытой под напряжением в течение 1 h, так как выгрузка колец происходит по одной штучке прямо на станок для оправки. Окраска кожуха печи алюминиевой краской снижает тепловые потери на 4—5%. Замена футеровки из инфузорной земли пеношамотным кирпичом также снижает потери.

По данным электролаборатории печь с футеровкой из пеношамотного кирпича потребляет значительно меньше электроэнергии на разогрев, чем при футеровке из инфузорной земли, и разогрев до необходимой температуры осуществляется в более короткий промежуток времени (рис. 5). Однако тепловые потери при футеровке из пеношамота выше (на 10—12%), вследствие увеличения теплоемкости материала печи. Поэтому применение футеровки из пеношамота целесообразно лишь в случае частых перерывов в работе печи, причем футеровку следует делать комбинированной — между футеровкой из пеношамота и кожухом необходимо засыпать инфузорную землю слоем толщиной 50—60 mm.

В отдельных случаях следует просчитать расход

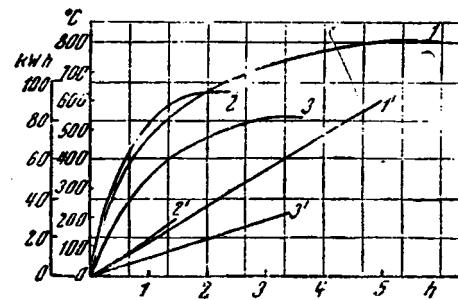


Рис. 5. Кривые разогрева печи типа ХОМО инструментального цеха:

1 и 2 — температура печеного пространства при разогреве печи с футеровкой из пеношамотного кирпича; 3 — то же, при футеровке из инфузорной земли. 1, 2 — расход энергии для соответствующих температурных кривых

электроэнергии, необходимой для нагрева загруженной корзины. В печах Хомо этот расход достигает 8—10%. Вес корзины, без снижения ее прочности, можно уменьшить на 50%, и, следовательно, расход энергии снизится на 4—5%.

Среди конвейерных печей наибольший интерес представляют электропечи с самостоятельным конвейером. Работа электропечи с собственным конвейером характерна тем, что детали, равномерно укладываемые вручную на конвейер, непрерывно перемещаются им в печном пространстве.

К одному из главных мероприятий по экономии электроэнергии на печах этого типа относится увеличение производительности за счет сокращения времени термообработки.

В начале печи на конвейер поступают холодные детали; температура печного пространства в этой зоне наименьшая, температура в средней части печи максимальная, а ближе к выходу снова понижается (рис. 6). Из графика распределения тем-

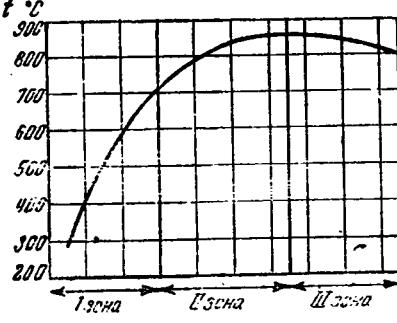


Рис. 6. Распределение температур в печном пространстве агрегата для светлого отжига

ператур по зонам (рис. 6) видно, что мощность первой зоны необходимо увеличить. Увеличение мощности по зонам в пределах 10—15% можно осуществить переключением обмоток трансформатора соответствующей зоны; это переключение обеспечивается дополнительными выводами трансформатора с низкой и высокой стороны. При испытании агрегата светлого отжига на ЗИС удалось увеличить скорость конвейера на 25%, что дало снижение удельного расхода электроэнергии за счет тепловых потерь на 7,5%.

Электрическое освещение. Коснемся отдельных мероприятий по экономии электроэнергии освещения. Протирка остеклений увеличивает освещенность цеха естественным светом на 30—40%. Проведение этого мероприятия дает возможность сократить время горения ламп.

За границей широкое применение получили потолочные выключатели. Эти выключатели с одинаковым успехом применяются в конторских помещениях и гостиницах. В отличие от нормального, выключатель монтируется непосредственно у лампы или групп ламп, на потолке. Включение и выключение потолочного выключателя производятся при помощи шнурка, спускающегося непосредственно от выключателя на высоту примерно 2 м от пола. Главное преимущество нового выключателя в том, что его установка не требует дополнительной затраты электропроводки. Кроме того, с выносом выключателя непосредственно на рабочее место повышается вероятность своевременного выключения освещения из-за удобств, созданных в пользовании им.

Электролаборатория разработала конструкцию

Борисовская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

бование первых образцов подтвердили возможность применения его в конторских помещениях и в ряде цехов завода. Вопрос об организации производства потолочных выключателей в самом масштабе неоднократно поднимался нами в совещаниях и конференциях заводских энергетиков, но, к сожалению, до сих пор на нашем рынке потолочных выключателей нет.

Следует сделать несколько замечаний по вопросу автоматического включения и выключения освещения. Внедрение этого высокоэффективного мероприятия затрудняется отсутствием на рынке дешевого и надежного фотореле. Электролаборатория проводит экспериментальные работы с фотохимическим реле, действие которого основано на принципе изменения давления в стеклянной колбе в зависимости от освещенности. Половина такой колбы заполняется обработанным электрическим способом раствором соляной кислоты. В результате постоянного электролиза верхняя часть колбы заполняется газом, который под действием света соединяется снова с раствором, причем интенсивность соединения, а следовательно, и давление в колбе находятся в прямой зависимости от освещенности. Развитое в колбе давление передается на диафрагму, которая при своем перемещении соединяет или разъединяет контакты, связанные с автоматическим рубильником. Уже сейчас можно утверждать, что при диафрагме и соединениях сделанных из платины, такое фотореле с успехом может применяться для автоматического включения и выключения электрического освещения в первую очередь наружного. Необходимо решить вопрос о замене платины другими более дешевыми материалами, что позволит значительно снизить стоимость реле.

Коэффициент мощности. Внедрение синхронных электродвигателей является одним из средств улучшения $\cos \varphi$. Практика заводской эксплуатации указывает на недоиспользование синхронных электродвигателей: ток ротора не поддерживается максимально возможным по условиям нагрева при всех значениях загрузки синхронного электродвигателя. Увеличение тока ротора всех синхронных электродвигателей до максимального, по условиям нагрева обмотки, значения дало экономию Автозаводу им. Сталина около 3 000 000 kW·реактивной электроэнергии в год при установленной мощности около 2000 kW и 7000 h работы (по отчетным данным 1936—1937 гг.). Когда ведется непрерывный контроль за температурой охлаждающего воздуха и за величиной тока ротора синхронного электродвигателя, целесообразно ток ротора устанавливать в зависимости от температуры охлаждающего воздуха. Зависимость между значением тока ротора и температурой охлаждающей среды должна определяться на основании замеров установившейся температуры всех частей электродвигателя. Чтобы избежать случайного перегрева обмоток электродвигателя, ток ротора должен устанавливаться по величине наибольшей ожидаемой температуры охлаждающего воздуха за соответствующий отрезок времени, например смену.

В целях улучшения $\cos \varphi$ завода целесообразно использовать синхронные электродвигатели в свободное от работы время (перерывы между сменами).

беденные перерывы, ночные смены и выходные) в качестве компенсаторов. Большой интерес представляет также использование резервных синхронных двигателей, стакки которых находятся в капитальном ремонте. Например, во время капитального ремонта одного из компрессоров ЗИС его двигатель все время работал синхронным компенсатором, улучшая общезаводской ток. К числу других мероприятий по увеличению использования синхронных электродвигателей следует отнести добавление витков в обмотку возбуждения синхронного электродвигателя.

Повышенное напряжение в условиях работы автотракторных заводов, где основную массу потребителей электроэнергии составляют асинхронные электродвигатели со средней загрузкой, не превышающей 50—60%, является одним из основных факторов, влияющих на понижение $\cos \varphi$. Известно, что с повышением напряжения намагничивающий ток индукционных двигателей и аппаратов увеличивается при одновременном увеличении магнитного потока и противоэлектродвижущей силы. При неизменной нагрузке активная составляющая тока изменяется обратно пропорционально приложенному напряжению. Следовательно, результатирующий ток с понижением напряжения увеличивается за счет активной составляющей и уменьшается за счет намагничивающего тока. В точке зрения уменьшения потерь на участке (источник энергии — потребитель) напряжение целесообразно уменьшать только до величины, соответствующей минимальному значению результирующего тока потребителя при данной нагрузке (даже в том случае, если при дальнейшем понижении напряжение $\cos \varphi$ увеличивается).

Анализ соответствующих кривых двигателя показывает, что при различных по величине нагрузках асинхронного электродвигателя минимум результирующего тока достигается при понижении напряжения несколько раньше максимального значения $\cos \varphi$. Пределы изменения напряжения зависят от нагрузки: при малых нагрузках возможно большее понижение напряжения, чем при нагрузках, близких к номинальным. Это объясняется тем, что при понижении нагрузки влияние потоков рассеяния уменьшается.

Работы по понижению напряжения были проведены на трех подстанциях, питающих механосборочные цехи Автозавода им. Сталина, где основными потребителями являются асинхронные электродвигатели 3—5 kW со средней загрузкой 50—60%. В результате понижения напряжения в среднем по всем трем подстанциям на 5% (20 V) $\cos \varphi$ асинхронных двигателей повысился на 0,07.

Возможное при уменьшенном напряжении снижение момента двигателей переменного тока может иметь решающее значение только в том случае, если их загрузка близка к номинальной или они имеют тяжелые условия запуска.

К мероприятиям, аналогичным понижению напряжения, следует отнести пересоединение обмоток статора. На целом ряде электродвигателей прессов Автозавода им. Сталина обмотки статора фирмой выполнены в две и три параллельные звезды или треугольника. В зависимости от характера и величины нагрузки обмотки статора электродвигателей этих прессов можно пересоединить

из треугольника в звезду, из параллельного треугольника в последовательный треугольник и т. д., достигая тем самым снижения напряжения на виток, уменьшения намагничивающего тока и, как следствие, повышения $\cos \varphi$. Такая работа в свое время была проведена на ряде прессов автозавода им. Сталина. Широко известный способ переключения с треугольника на звезду на заводах автотракторной промышленности применяется очень редко, так как при напряжении 380 V обмотки статора электродвигателей нормального исполнения соединены в звезду.

Статические конденсаторы часто устанавливают непосредственно у клемм токоприемников. Мы считаем, что приближать конденсаторы к токоприемнику с точки зрения снижения потерь во внутризаводской сети целесообразно только при трехсменной работе. В противном случае возможны два невыгодные режима работы: конденсатор остается включенным при выключенном токоприемнике (в нерабочие смены); конденсатор отключается одновременно с токоприемником.

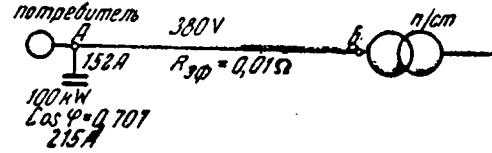


Рис. 7

В первом случае неоправданы потери от прохождения емкостного тока конденсаторов на участке токоприемник — подстанция, во втором — происходит неполное использование конденсаторов. Изложенное подтверждает упрощенный подсчет (рис. 7). Результаты его сведены в таблицу.

Режим работы	Потери в меди проводника участке АБ, W	%
3-сменная работа токоприемников без включенных конденсаторов	$215^2 \cdot 0,01 = 462$	100
То же, с постоянно включенными конденсаторами	$152^2 \cdot 0,01 = 231$	50
2-сменная работа токоприемника при 3-сменной работе конденсаторов	$152^2 \cdot 0,01 + 152^2 \times 0,01 \cdot 0,5 = 346,5$	75
Конденсаторы работают три смены при одной рабочей смене токоприемника	$152^2 \cdot 0,01 + 152^2 \times 0,01 \cdot 2 = 693$	150

Синхронные компенсаторы выполняются преимущественно на большую мощность, что в известной мере снижает возможность эффективного их использования. Практика эксплоатации синхронных компенсаторов на Автозаводе им. Сталина показала, что в результате работы синхронных компенсаторов 1500—2000 kVA на подстанциях мощностью 3000 kVA напряжение на клеммах компенсаторов и шинах подстанции вследствие местной перекомпенсации заметно повышается. На рис. 8 приведена кривая изменения напряжения на клеммах компенсатора в зависимости от тока

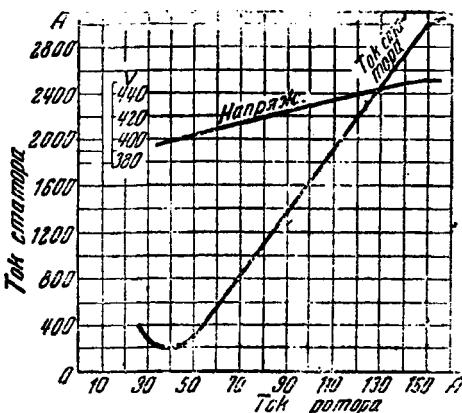


Рис. 8. U-образная кривая синхронного компенсатора

ротора. При мощности трансформаторов 3000 kVA и их средней загрузке 60—70% напряжение на шинах подстанции от работы синхронного компенсатора 1500—2000 kVA повышается на 15—20 V ($U_n = 380$ V). Повышение напряжения может, как было выяснено, привести к снижению $\cos \varphi$. В таком случае целесообразно переходить на параллельную работу двух или нескольких подстанций.

Массовая работа. Технические мероприятия далеко не исчерпывают работу по экономии электроэнергии. Эти мероприятия могут остаться лишь бумажными документами, если на их реализацию не мобилизован весь коллектив рабочих, инженеров и служащих. При относительно малой сред-

ней мощности токоприемников и их большом количестве на автотракторных заводах роль рабочего в деле борьбы за экономию электроэнергии становится первостепенной. Но для того чтобы рабочий, обслуживающий токоприемник, стал активным участником борьбы за экономию электроэнергии, должна проводиться повседневная работа по разъяснению всей важности бережного отношения к ее потреблению.

Необходимо проводить решительную и действительную борьбу с хищническим потреблением электроэнергии, а на примере лучших стахановцев ударников учить отстающих. Большое значение должно быть уделено вопросу пропаганды электротехнических знаний среди рабочих всех специальностей, соприкасающихся в той или иной мере с обслуживанием токоприемников. В проведении всей этой работы большую помощь могут оказать общественные организации и печать.

В третьей пятилетке количество выработанной электроэнергии должно увеличиться в два с лишним раза. Это накладывает еще большую ответственность на потребителей. Автотракторные заводы являются одним из крупных потребителей электроэнергии страны, и вопросам ее экономии на этих заводах должно быть уделено большее внимание².

² В статье нами исключены из рассмотрения вопросы использования электроэнергии и премирования, которые являются самостоятельным крупным разделом во всей работе по экономии электроэнергии и должны рассматриваться отдельно.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Некоторые особенности новейшего развития электроэнергетики в капиталистических странах¹

В. И. ВЕЙЦ

Энергетический институт Академии наук СССР

ДВА ОСНОВНЫХ фактора определяют современное развитие электрификации в капиталистических странах: начало развертывания нового экономического кризиса и лихорадочная мобилизация электрохозяйства для целей новой империалистической войны. Причем именно последний фактор наложил свой глубокий отпечаток на всю организацию, технику и экономику современного развития электрохозяйства.

¹ Извлечение из работы, выполненной в январе — феврале с. г. на ту же тему.

Большую помощь в обработке материалов работы оказал Михайлов.

Развитие электрификации в отдельных странах под влиянием этих факторов протекает глубоко неравномерно, отражая общую неравномерность развития капиталистического хозяйства.

Докризисный уровень — 1929 г. — электрохозяйства был превзойден в отдельных странах уже в 1933—1934 гг. Выход из кризиса и характер подъема кривой электрификации в силу специфических условий развития электрохозяйства в отдельных странах были неравномерны (табл. 1).

Первая фаза нового экономического кризиса (начавшегося со второй половины 1937 г.) повлияла на кривые электрификации более интенсивно, чем в свое время первая фаза предыдущего кризиса.

Таблица 1
Динамика производства электроэнергии 1929—1938 гг.

Страны	Круг электростанций и их удельный вес в электро-балансе		1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938**
США	Станции общего пользования (около 75%)	млрд. kWh 1929 = 100%	90,1 100	88,6 98,5	85,6 95,1	76,7 85,2	78,9 87,7	85,0 94,5	92,6 103,0	106,6 118,5	115,2 126,9	109,0 121,0
Германия *	Все станции (100%)	млрд. kWh 1929 = 100 %	30,7 100	29,1 94,8	25,8 84,0	28,5 76,5	25,7 83,7	30,7 100,0	36,7* 116,1	42,5 134,5	49,0 155,0	55,0 179,0
Франция	Станции общего пользования и промышленные, отпускающие энергию на сторону (около 90%)	млрд. kWh 1929 = 100%	14,3 100	15,3 107	14,2 99,3	18,6 95,1	14,9 104,2	15,2 106,3	15,8 110,5	16,7 117,5	18,2* 127,2	19,3 135,0
Англия	Станции общего пользования (около 75%)	млрд. kWh 1929 = 100%	10,3 100	10,9 105,8	11,4 110,7	12,2 118,4	13,6 132,0	15,5 150,5	17,6 170,8	20,2 196,0	22,9 222,3	24,4 237,0

* С 1935 г., включая Саар.

** Предварительные цифры.

1929—1933 гг. Это влияние уже отражают и сводные показатели электробаланса отдельных капиталистических стран (в особенности США), несмотря на противоположное влияние военного фактора (различный спрос на электроэнергию со стороны военной промышленности), которое искажает эти сводные показатели. Об этом же говорят и следующие предварительные данные за 1938 г.

Относительное изменение электробаланса (в % к предыдущему году)

	1937 г.	1938 г.
США	+ 8,0	- 5,5
Германия	+ 16	+ 12
Англия	+ 13,2	+ 6,4
Франция	+ 9,8	+ 6,1

В европейских странах военный фактор в значительной степени парализовал влияние нового кризиса на кривые электрификации. Однако и в этих странах относительный рост электробаланса в 1938 г. значительно уступает соответствующим показателям за 1937 г.

Военный фактор обусловил значительный рост электроемких производств (цветные металлы, легированная сталь и др.); мобилизацию электрификации для форсированного осуществления политики промышленной автаркии вообще и энергетической автаркии в частности; дальнейшую механизацию на электрической основе трудоемких отраслей (топливная, строительная, металлическая), предшествующую, в частности, цели создания людских резервов для армии.

Потребление электроэнергии в промышленности растет быстрее промышленной продукции, что свидетельствует об интенсивно продолжающейся электрификации основных процессов промышленности.

Перестройка электрохозяйства на военный лад. Анализ показывает, что монополистический капи-

тал резко усиливает свои позиции в электрохозяйстве на основе сращивания электромонополии с военно-государственной машиной.

Электрохозяйство капиталистических стран уже сейчас в гораздо более значительной степени, чем на исходе прошлой империалистической войны, организационно перестроено на военный лад.

В Германии имело место резкое усиление процесса монополизации энергохозяйства и сращивание электромонополии с военно-государственной машиной.

Рядом германских законов с конца 1933 г. (октябрь, ноябрь 1933 г., февраль 1934 г., июнь, июль 1934 г. и др.) энергохозяйство постепенно переводилось на военные рельсы. В середине 1934 г., в составе министерства народного хозяйства, на правах самостоятельной имперской группы, наряду с группой промышленности, была образована энергетическая группа в составе отделов электрохозяйства и газо- и водоснабжения.

Наконец, военно-государственная организация энергохозяйства окончательно установлена законом от 18 декабря 1935 г. под названием «Energiewirtschaftsgesetz», подписанным также и военным министром. Согласно этому закону имперская группа по энергохозяйству получила неограниченные права полного контроля и регулирования электрохозяйства страны как по линии строительства, так и по линии эксплоатации. Дополнения к этому закону, изданные в последнее время, завершили централизованную организацию всего электрохозяйства.

В Англии, наряду с комиссией по электрохозяйству в составе министерства торговли, руководящей организацией выступает и Центральное электроуправление, формально подведомственное министерству транспорта. Оно было образовано еще согласно закону 1926 г. с основной задачей постройки единой высоковольтной сети (Grid) и рационализации электрохозяйства страны, которое было тогда очень примитивным и наиболее отсталым по сравнению с другими странами. Центральное электроуправление контролирует свыше 160 основных электростанций, присоединенных к Grid. Мощность этих станций составила к началу 1939 г. свыше 90% мощности всех электростанций общего пользования. Управление санкционирует все проекты нового строительства и расширения действующих электростанций, имеет право консервации и т. д.

С разрешением в законодательном порядке поставленного еще в 1937 г. вопроса о регулировании системы распределения электроэнергии будет полностью завершена организационная перестройка английского электрохозяйства.

В Франции наряду с декретированием в последние годы системы мероприятий, проводящих в жизнь контроль

и регулирование электрохозяйства (обязательность разрешения министерства общественных работ на постройку и расширение всех гидро- и тепловых электростанций — последних мощностью от 1 MW и выше; регулирование потребления электроэнергии в пограничных районах; регулирование сетевого строительства, тарифов и т. д.), образован специальный Высший совет по электрификации. В этой организации централизуется подготовка дальнейших законодательных и административных мероприятий по усилению государственного контроля и регулирования электрохозяйства страны. В начале текущего года издан закон, фактически передающий непосредственный контроль над высоковольтной сетью страны электроуправлению при министерстве общественных работ. Этот закон означает фактическую «национализацию» высоковольтной сети страны. Министерство общественных работ получило право непосредственных распоряжений по всем вопросам, связанным со строительством, расширением и эксплуатацией высоковольтной сети. Журнал *Electrician* (март 1939) прямо подчеркивает, что этот закон непосредственно продиктован задачами обороны страны.

В США особенно резко выражено господство монополии и концернов в электрохозяйстве. 95% мощности электростанций общего пользования сосредоточено в руках нескольких десятков компаний. На долю 9 ведущих компаний падает около половины всей мощности. Послевоенные годы характеризуются ожесточенной борьбой электрических монополий против попыток государственного регулирования электрохозяйства. Учитывая опыт прошлой войны, еще в 1920 г. при Вильсоне была образована Федеральная энергетическая комиссия (F. P. C.). Если раньше задача этой организации была, главным образом, консультационно-исследовательской, то в последнее время под влиянием, главным образом, военного фактора, по инициативе Рузвельта, F. P. C. получила известные права в области контроля и регулирования электрохозяйства. Кроме того, самоправительство (инженерный корпус армии и т. д.) приступило к строительству ряда крупных гидростанций и электросетей.

Наконец, в 1938 г. специальным постановлением президента образован Оборонно-энергетический комитет (Defense-Power Com.) под председательством помощника военного министра. Судя по первым действенным мероприятиям этого Оборонно-энергетического комитета (стандартизация главного оборудования станций, распределение между электрокомпаниями строительства новых тепловых мощностей в целях срочного создания военных электроэнергетических резервов и т. д.), США также форсируют организационную перестройку энергохозяйства.

Форсированная подготовка электроэнергетических резервов для войны. Проблема создания надежных и мобильных электроэнергетических резервов мощности специального назначения является едва ли не центральной в новейшем развитии электрохозяйства основных капиталистических стран².

Европейская и американская литература, специально посвященная изучению электрохозяйства в период прошлой войны, ставит в центре внимания, как ведущий и определяющий фактор, проблему заготовленного создания специальных электроэнергетических резервов в отдельных районах страны.

Из ряда статей и монографий могут быть названы: американская монография инженерного корпуса армии «Положение электрохозяйства в период войны»; работы F. P. С., в частности, монография «National Power Survey», монография публистического характера инж. Циматиса «Энергетика как основа военного хозяйства»; Вернер — «Германское энергохозяйство в период мировой войны». Особенно поучительны в этом отношении материалы, характеризующие электрохозяйство в период империалистической войны в США — самой мощной по энерговооруженности стране.

Проблему создания мобильных и надежных электроэнергетических резервов специального назначения в основных капиталистических странах пытаются решить путем:
а) форсированного энергостроительства и ввода новых мощностей, которые с точки зрения как техники, так и размещения непосредственно подчинены военно-стратегическим планам; б) создания дублеров электромеханического оборудования для важных узлов и звеньев электро-

хозяйства; в) перевода части установленного оборудования в специальный резерв; г) форсированного строительства электрических связей между станциями и системами как питательного, так и преимущественно маневрового характера; д) включения промышленных электростанций районные системы на основе двухсторонней электрической связи, с возможностью автоматического переключения на изолированную работу, так и на районную; е) обеспечения возможности маневренного (для разнотипных и районов) питания особо важных промышленных узлов и центров, при одновременном строительстве стационарных генерирующих установок для наиболее высоких потребителей, связанных с районной сетью; ж) обесценивания топливных запасов специального назначения для логовых электростанций.

В США результативные показатели по обработанным 1936—1938 гг. данным 141—148 систем, приведенным табл. 2, показывают, что средний коэффициент η составляет выше 26%, при числе часов использования установленной мощности 3120—3560 h. и использовании максимума 4400—4650 h. Следовательно, на каждый kW, участвовавший в покрытии максимума в американских энергосистемах, приходится около $1\frac{1}{3}$ kW установленной мощности. Это — в условиях, когда показатели арифметической суммы максимумов и производства электроэнергии в 1936—1938 гг. значительно превысили соответствующий уровень 1929 г.

Таблица

Коэффициенты использования и резерва в электрохозяйстве США

Показатели	1936	1937	1938
1. Число электросистем	148	146	148
2. Установленная мощность в млн. kW	30,6	31,6	32,0
в % к суммарной мощности станций общего пользования	90	91	92
3. Сумма максимумов в млн. kW	22,4	23,2	23,5
4. Выработка электроэнергии в млрд. kWh	98,5	108	110
5. Резервная мощность в млн. kW	8,2	8,4	8,5
6. Коэффициент резерва в %	26,3	26,6	26,8
7. Коэффициент использования установленной мощности в часах	3560	3420	3400
8. Коэффициент нагрузки (использование максимума) в часах	4400	4650	4700

Обработанные отчетные данные за 1937 г. по основным системам с годовой производительностью каждая свыше $\frac{3}{4}$ млрд. kWh (суммарная мощность этих систем около 17 млн. kW, — около половины установленной мощности станций общего пользования) показывают еще более высокий коэффициент резерва — 28%.

Коэффициент резервной мощности по ряду характера американских систем колеблется от 24 до 40%.

В вышеприведенных расчетах показатели резерва в

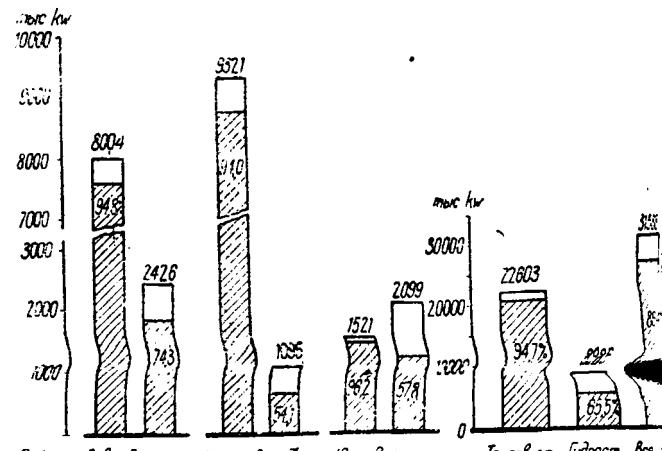


Рис. 1. США. Располагаемая (заштриховано) и установленная

² См. также нашу работу, «Проблема электроэнергетических резервов» опубликованную в извлечении, в журн. «Электричество» № 19, 1937. Вологодская областная универс.

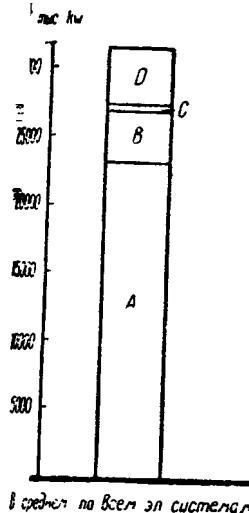


Рис. 2. США. Нормальные и фактические резервные мощности в электросистемах:

A — расчетный максимум; B — технический резерв мощности; A+B — расчетная располагаемая мощность; C — избыток мобильной мощности над техническим резервом; A+B+C — фактически располагаемая мощность; D — избыток немобильной мощности; A+B+C+D — установленная мощность

и из части немобильной мощности. Ее характеристика представляет существенный интерес. Пользуясь материалами Федеральной энергетической комиссии (F.P.C.), обследовавшей 216 электросистем (их суммарная мощность — 1183 млн. kW, что составляет свыше 90% суммарной мощности американских станций общего пользования), мы можем результатирующие показатели баланса мощности сопоставить фактических и нормальных резервов и указанных состава (рис. 1 и 2).

Из приведенных данных показывает: 1) что американское электрохозяйство после выхода из кризиса, уже после подъема, имеет в среднем коэффициенты резерва почти, значительно (примерно вдвое) превышающие фактически и экономически обоснованные нормальные коэффициенты резервов (в среднем фактически около 28%, из примерно 14,5% нормальных); 2) что в среднем из 13% установленной мощности является немобильной в отдельных районах эта цифра повышается до 25—30% при определенных условиях в военный период часть мощностей может быть мобилизована); 3) что в результате капиталистических условий развития электрохозяйства и обусловленных этим внутренних противоречий — со значительными избытками (в сумме около 1183 млн. kW) имеют место и значительные дефициты мощности даже в пределах одного и того же района (в сумме около 845 тыс. kW). При существующих условиях не сбалансировать наличные избытки и выявленные дефициты мощностей (рис. 3).

Это оценивает необходимость обеспечения опережения предлагаемой мощности порядка 10% по отношению к фактическому максимуму. Это составляет дополнительный минимум $\frac{1}{3}$ млн. kW, необходимых для удовлетворения внезапного роста потребности в мощности. Таким образом с учетом приведенных выше расчетов суммарный дефицит повышается уже втройку при одновременном наличии избытка мощностей в отдельных районах, которые не могут быть использованы.

Союз с этими фактами, свидетельствующими о значительных резервных мощностях (часть которых не может быть использована в силу капиталистических условий развития электрохозяйства), правительство Рузвельта проводит в жизнь значительную программу крупнотоннажного строительства в стране (свыше 5,5 млн. kW).

Однако особенно показательным является опубликованные в прошлом году в руководящих энергетических журналах США сообщения Оборонно-энергетического конгресса, руководимого пом. военного министра по необходимости срочной постройки тепловых станций в 1 млн. kW, официально названных специальными военным резервом мощности. Этот миллион kW был по замыслу в мирное время на положении в (по существу — консервирован) и готовым в любое время взять полную нагрузку. Этот миллион kW тепловых электростанций развертывается между электрическими компаниями. Последние обязуются срочно установить мощности в определенных районах (Буффало, Чикаго, Детройт, Питтсбург, Филадельфия, Бостон, Скенекетеди и др.). Это — сверх обычного роста мощностей. По последним данным 900 MW

уже частично подготовлены к установке (E.I. W., апрель 1939).

По Германии сведения, характеризующие электрохозяйство, весьма ограничены: по ряду вопросов отсутствуют опубликованные и вообще сколько-нибудь четкие данные.

Отметим однако следующие выборочные показатели.

По данным опубликованных статистических материалов, арифметическая сумма максимумов электростанций общего пользования составила в 1937 г. 6,8 млн. kW, а установленная мощность — 9,1 млн. kW. Следовательно, резервная мощность составляет 2,3 млн. kW, а коэффициент резерва 25,2%.

По промышленным электростанциям опубликованных данных о максимуме нет. Мы его исчисляем цифрой 4,3 млн. kW, исходя из официальных данных выработки электроэнергии промышленными станциями в 21,6 млрд. kWh и оценки числа часов использования максимума промышленных электростанций порядка 5 тыс. h. Резерв на промышленных электростанциях составляет около 2,5 млн. kW, а коэффициент резерва — около 37%.

Следовательно, из 15,9 млн. kW (начало 1938 г.) установленной на германских станциях мощности резервная мощность составляет около 4,5 млн. kW (за вычетом части незарегулированной гидро мощности).

Германской официальная статистика начала публиковать в последние годы показатель так называемой бездействующей мощности. Этот показатель официально трактуется как мощность морально и физически изношенного оборудования, подлежащего демонтажу. В 1935 г. эта мощность на всех станциях равнялась 1,6 млн. kW; в 1937 г. — 0,8 млн. kW. Имеются основания полагать, что эти цифры бездействующей мощности входят в часть оборудования, переведенного на положение специального резерва.

Прирост (нетто) мощности на всех электростанциях Германии составил за последние годы следующие цифры (в тысячах kW): 1933 г. — 0,0, 1934 г. — 400; 1935 г. — 842; 1936 г. — 912; 1937 г. — 754. Эти итоги за последние годы, вероятно, несколько занижены. Официальный орган германского статистического управления указывает в статье (№ 16, 1938 г.), что «мощность новых установок значительно превышает исчисленный прирост мощностей». Можно полагать, что часть новых мощностей специального назначения не входит в официальную статистику.

Из технического отчета А. Е. Г. видно, что в 1937 г. в изготовлении на заводах этой фирмы находилось оборудование на 2 млн. kW, из коих 1,5 млн. kW для германских электростанций и 0,5 млн. kW для других стран.

Особо показателем эксплоатационный график оборудования тепловых электростанций Германии за 1937 г. Из этого графика видно, что оборудование, введенное в эксплуатацию в 1937 г., имело средневзвешенный показатель бездействия свыше 65% календарного времени, в то время как для оборудования, установленного в предыдущие годы, этот показатель в 1937 г. составил 20% и ниже. Иными словами, оборудование, введенное в строй в 1937 г., имело своим главным назначением служить специальным резервом мощности.

Попутно анализ данных этого графика показывает и другой характерный момент: внеплановый ремонт вновь установленного оборудования значительно выше, чем для оборудования, установленного, например, в 1929—1930 гг. Для последнего, несмотря на высокий процент времени нахождения в работе, доля внепланового ремонта близка к нулю, а для нового оборудования (например 1936 г.) этот показатель внепланового ремонта достигает цифры

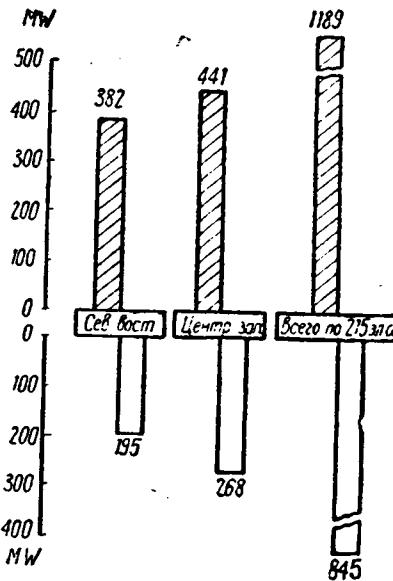


Рис. 3. Избыток (заштрихован) и дефицит мобильных мощностей в отдельных районах

порядка 10%. Главные причины этого лежат в ухудшении качества германского оборудования в связи с автаркистской политикой (экономия специальных металлов, внедрение суррогатов и т. д.).

— Несмотря на заметный рост использования установленной мощности на германских электростанциях, в связи с ростом нагрузки военных заводов и электроемких производств, среднее число часов использования установленной мощности составило в 1937 г. около 3000 на электростанциях общего пользования и около 3200 на промышленных электростанциях. Это показывает также и на растущие трудности для Германии при современных условиях развития электрохозяйства резко повысить показатели использования.

В Англии при суммарной мощности электростанций порядка 13,5 млн. kW, из коих $\frac{3}{4}$ сосредоточены на станциях общего пользования и около $\frac{1}{4}$ на промышленных станциях, к Grid присоединены так называемые избранные (selected) станции с суммарной мощностью около 9 млн. kW.

Еще в 1930 г. электростанции общего пользования Англии, имеющие установленную мощность машин в 7 млн. kW, в состоянии были обеспечить максимум всего в 3,7 млн. kW. С постройкой Grid и радикальной реконструкцией на этой основе электрохозяйства положение существенно изменилось. В 1937 г. при повышении установленной мощности всего до 9 млн. kW (прирост нетто в 2 млн. kW) электростанции общего пользования были в состоянии уже обеспечить свыше 7 млн. kW максимума (плюс около 3,5 млн. kW). На английских электростанциях общего пользования коэффициент резервной мощности составляет ныне около 20%.

Центр тяжести развития английского электрохозяйства в последние годы лежал не в строительстве новых мощностей, а главным образом в реконструкции и в расширении старых электростанций. Лишь в 1938 г. наметился заметный перелом: остро поставлена задача форсированного сооружения специальных военных электроэнергетических резервов.

В качестве главной и первоочередной задачи поставлено создание военных резервов электрооборудования: форсированный выпуск запасного фонда трансформаторов, распределительных устройств и вспомогательного оборудования, — для быстрой установки в случаях разрушения соответствующих звеньев.

Вот для иллюстрации выдержка из журнала *Electrician* от 6 января 1939 г.:

«На этой неделе было объявлено, что в соответствующих районах в распоряжении Центрального электроуправления должен находиться национальный резерв распределительного устройства, трансформаторов и вспомогательного оборудования, готовый для установки там, где это потребуется. Стоимость этих мероприятий (и других мер для защиты станций, помимо обычных предохранительных мер) оценивается в 3 млн. фунтов стерлингов...».

Франция за последние годы особенно форсировала ввод новых мощностей, что видно также из следующих данных сравнительного прироста мощности за 1930—1937 гг.

Франция — станции общего пользования	+ 4 млн. kW
Германия — все электростанции	+ 3,2 млн. kW
Англия — станции общего пользования	+ 2,3 млн. kW

Мощность французских электростанций, охватываемых официальной статистикой, в 1930 г. составила по отношению ко всем станциям Германии $\frac{3}{5}$, а в 1937 г. уже около $\frac{3}{4}$. При этом электробаланс Франции в 1937 г. составил всего около 40% электробаланса Германии.

В обеспечении мобильности мощностей и соответствующих резервов французского электрохозяйства определяющую роль за последние годы играет сооружение сильных внутрирайонных и межрайонных электрических связей (см. ниже). Действенность этого направления в особенностях обусловлена разрывом между располагаемой и установленной мощностью гидростанций, имеющих большое значение в электроэнергетической базе Франции.

Строительство электросетей, как фактор мобилизации электрохозяйства. В Германии центр тяжести военной подготовки электроэнергетики страны за последние годы был со-

редоточен на форсированном развертывании внутрирайонных и межрайонных электрических сетей. В основу была жена следующая схема: основной костяк высоковольтных, объединяющих крупные электроцентрали внутри отдельных районов, и через опорные станции — основные электросети запада, юга, центра и севера страны. Этот высоковольтный костяк смыкается с системой внутрирайонных среднего и низкого напряжения. Отчет имперской电网 (электроснабжения за 1937 г.) констатирует, что «...централизованное строительство было сосредоточено в 1937 г. на высоковольтных сетях. Покрытие растущего потребления энергии в первую очередь обязано развитию сетевого строительства».

Основной костяк высоковольтных сетей Германии военно-стратегический характер, главным образом, с учётом мобилизации дополнительных резервов мощности отдельных районов страны.

Новым фактором выступает форсированное включение промышленных установок в районные сети. Отпуск электротока промышленными установками в районные сети увеличился за 1935—1937 гг. в полтора с лишним раза. Коэффициент централизации электроснабжения промышленности (доля выработки энергии от районной сети в суммарном электропотреблении промышленности) составил в 1937 г. 51,6% против 48% в 1935 г.

Во Франции форсированное развитие за последние годы высоковольтных сетей как внутрирайонных, так и межрайонных явилось определяющим фактором надежности, экономичности и обороноспособности электрохозяйства, особенно если учесть преимущества периферийное, кроме центрального массива, размещение основных угольных и гидроэнергетических резервов. Технические и оборонные резервы во французском электрохозяйстве обязаны, таким образом, внутрирайонным и в особенности межрайонным высоковольтным сетям.

Сопоставление схем высоковольтных сетей за 1935—1937 гг. ясно показывает те значительные сдвиги, которые произошли за последние 3—4 года в области развития электроснабжения. Высоковольтные сети охватывают основные энергетические центры страны — гидростанции Рейна, Альп, центрального массива и тепловые электростанции парижского и северо-районов.

Париж, в котором сосредоточено свыше 1,5 млн. kW мощности тепловых электростанций, может мобилизовать чрезвычайно значительные мощности гидростанций Рейна, Альп и центрального массива.

Общая протяженность 220 kV сети достигла около 2000 km, 110 и 150 kV сети — 5800 km. Кроме того, имеются значительно разветвленные высоковольтные сети на 110 kV (90, 60 kV). В докладе Ailleret и Falloise на шестнадцатом мировом энергетическом конгрессе 1936 г. читаем:

«Основная фаза сооружения французских электросетей близится к завершению: районные сети, построенные за последние 15 лет, присоединяются одна к другой, и та путем интерконекции переходит реально от районного штаба к национальному. В настоящее время с точки зрения наличия линий электропередач возможна их общая параллельная работа. Последующая фаза будет, таким образом, заключаться в последовательном расширении сети путем создания новых связей...».

Об этом же мы читаем в статье в декабрьском номере 1937 г. J. of the Inst. of Electric. Eng.:

«Французская электросеть еще не работает как единая. Она разделена на несколько секций, которые могут временно работать параллельно; однако связывающие линии имеют слишком малую мощность, чтобы поддерживать устойчивый синхронизм. Число секций быстро уменьшается путем создания новых звеньев. В настоящее время наибольшая крупная секция покрывает большую часть Франции. В эту секцию входят Париж, Эльзас, Альпы, Западная Франция (Нант) и юго-западная Франция (Марсель). На будущий год (1938 г.) эта система будет соединена с пиренейскими и западно-французскими линиями, и возможно будет осуществлен опыт параллельной работы».

Особо поучительными являются успешные опыты объединения многочисленных промышленных станций Лотарингии небольшой мощности, которые включены в районные и машиностроительные высоковольтные сети (подробный анализ приведен в статье J. of the Inst. of Electric. Eng. 1937 г.).

6. *Integration par regions des moyens de production et d'exploitation des entreprises d'électricité*.

Générale d'Electricité (декабрь 1938). Помимо экономии и надежности, такое электрическое кустование обеспечивает повышение маневренности и мобильности мощности с оборонной точки зрения.

Англия протяженность Grid составляет около 6600 км высоковольтных сетей, из которых 4700 км имеют напряжение 132 кВ. Grid имеет около 290 подстанций общей мощностью около 9 млн. kW.

Сети Центрального электроуправления за 1936—1937 гг. имеют уже много случаев параллельной работы всех ростанций, приключенных к сети. А отчет 1938 г. отмечает, что в последней четверти истекшего года все станции, присоединенные к Grid, уже нормально работали параллельно.

На рис. 4 показан суточный ноябрьский график параллельной работы 157 станций. Суточный максимум составил 4,5 млн. kW. 112 станций непосредственно контролировались центральными диспетчерскими пунктами в Лондоне, Нью-Кестингеме, Бирмингеме, Манчестере, Лидсе, а работа остальных станций контролировалась из собственных диспетчерских пунктов. Чрезвычайно показательно, что в течение нескольких минут, в 11 час. дня, система сбросила 1,5 млн. kW и вновь приняла эту нагрузку⁴, причем отклонения частоты не превышали всего 0,35 Hz. Это лишний раз подтверждает широкую освоенность параллельной работы районных систем даже при таком значительном максимуме и числе электростанций, участвовавших в его покрытии.

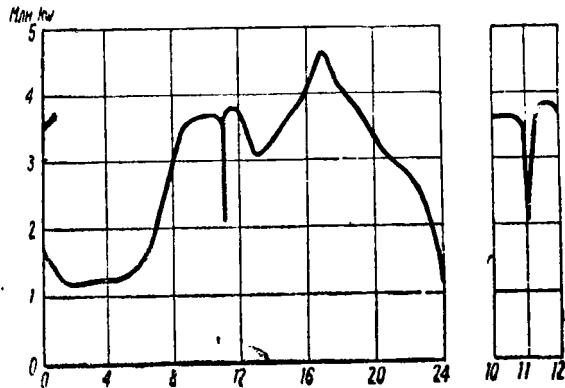


Рис. 4. Англия. Совмещенный суточный график параллельной работы 157 электростанций (Grid) в ноябре 1937 г.

Достаточно посмотреть на карто-схему высоковольтных сетей США, чтобы убедиться в принципиально отличном от европейских стран масштабе развития электросетевого хозяйства США. Протяженность сетей, начиная от 33 кВ выше, значительно превысила 200 тыс. км (в том числе и свыше 100 кВ — около 50 тыс. км). В 1937—1938 гг. заложено новых 16,4 тыс. км высоковольтных сетей.

В США работают крупнейшие в мире электросистемы. Статья об объединении электросистем (El. Eng., январь 1937) анализирует опыт совместной работы основных электросистем северо- и юго-восточных штатов. Территория штатов, на которых находятся эти системы, в 6,7 раз больше территории, обслуживаемой английской Grid, а население составляет 85% населения территории, обслуживаемой английской Grid. На рис. 5 показан график параллельной работы этих систем в декабрьские сутки 1937 г. Суточный максимум, покрытый параллельной работой станций этих систем, превысил 6 млн. kW при мощности агрегатов, участвовавших в покрытии максимума, свыше 7,5 млн. kW. Этот рекордный в мировой практике показатель параллельной работы электростанций в таких масштабах свидетельствует о потенциальных возможностях современной уже освоенной техники.

Тем не менее электрохозяйство США именно на этом участке ярко демонстрирует глубокие противоречия, вызванные капиталистическими условиями. Об этом свидетельствуют приведенные выше балансы мощностей отдельных районов и штатов.

Наряду с дефицитами мощностей в отдельных районах имеются и значительные избытки, которые не могут быть выпущены именно в результате нерационального развития

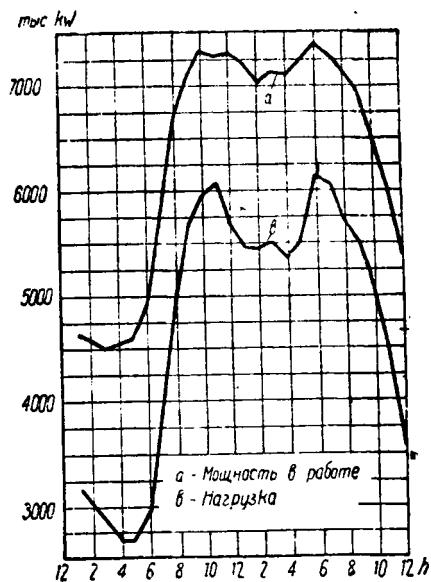


Рис. 5. США. Совмещенный суточный график параллельной работы электросистем средне- и юго-восточных штатов

высоковольтных электропередач. Если взглянуть на картосхемы отдельных штатов США с нанесенными на них районами действия электросистем, то резко бросается в глаза «пересполосица» отдельных экономически, производственно и организационно автономных электросистем: невиданный масштаб генерирующих мощностей и разветвленной высоковольтной сети и... дефицит мощностей наряду с их избытками в отдельных штатах. Разумеется, что при этих условиях недоступна и рациональная с общехозяйственной точки зрения эксплуатация действующего оборудования (оптимальные режимы отдельных электростанций и агрегатов и т. д.).

Федеральная энергетическая комиссия, изучавшая детально развитие сетей в ряде систем, вынуждена была констатировать, что: «Хотя исследование, имеющее специфически технический характер, еще не закончено, но все же оно достаточно продвинулось, чтобы показать, что существующая в настоящее время в США интэрконнекция не является результатом определенного планирования. Ее рост был случайным, тормозившимся соперничеством между компаниями, предрасудками и искусственными барьерами, например, в форме границ между штатами, запретительных законов и разнообразия законов о налогах в смежных районах».

Основной вывод Ф. Р. С. заключается в необходимости форсирования рационализации электросвязи между системами, при этом подчеркивается огромное оборонное значение этого фактора.

Еще более остро этот вопрос поставлен в капитальном труде «Technological trends and National Policy», составленном при участии американской Академии наук и принятом как официальный документ палатами и президентом США:

«.... Во многих случаях связи между смежными системами недостаточны. Это особенно имеет место в отношении связи городских электросистем с ближайшей сетью, что является крайне важным с точки зрения обороны страны. Например, в отношении электроснабжения, Нью-Йорк является изолированным. Электроснабжение этого города базируется почти исключительно на нескольких сверхмощных паровых электростанциях, расположенных в Манхэттене, Бруклине и Бронксе.

В населенном округе Кушмэ нет эдисоновских электростанций, так же как и в богатом округе Вестчестер. К Нью-Йорку подходит лишь одна линия передачи в Бронксе, идущая из Альбани, причем эта линия способна передать мощность не более одного из 160-MW генераторов, установленных на мощных электростанциях.

В случае войны или аналогичных условий не представит большой трудности для неприятеля разрушить водоснабжение (всасывающую трубу) двух-трех крупных паровых электростанций, и город очутится на несколько месяцев без электроэнергии. Как видно на карте сетей США, недалеко от Нью-Йорка через Гудзон проходит мощная 220-kV линия электропередачи, соединяющая его с другими системами, и, не

⁴ В этот день в связи с национальным праздником — Armistice Day в 11 час. устанавливается 15-минутный перерыв в работе

сматря на это, связь Нью-Йорка с этой системой, которая позволила бы питать электроэнергией в случае необходимости, отсутствует. Блокада или забастовка в порту может также прервать электроснабжение, прекратив подвозку угля.

Аналогичные условия имеют место и в других важных населенных и промышленных центрах. Очевидно, что если учитывать только военный фактор, то уже с этой точки зрения требуется тщательно изучить вопрос, чтобы определить то большое значение, которое будет иметь установление связи с другими системами в деле обороны страны.

«...Авария на станции Хал Гейт и прекращение электроснабжения Питтсбурга и Гартфорда на несколько дней во время наводнения в 1936 г. показывают, что может создаться еще худшее положение во время национальных потрясений, если не принять заранее необходимых мер» (стр. 271).

На пути рационального решения этой проблемы стоят очень большие, непреодолимые в обычных условиях трудности, вытекающие из капиталистической системы хозяйства. Правительство Рузвельта в порядке мобилизации электрохозяйства к войне приняло в истекшем году ряд мероприятий по строительству электросвязей между системами по проектам, разрабатываемым с участием военного министерства. В частности, правительством форсируется строительство высоковольтной сети в бассейне р. Колумбии, где сосредоточен ряд важных государственных гидрообъектов.

Рассредоточение генерирующих мощностей — определяющее направление нового энергостроительства. Под влиянием главным образом военного фактора определился в известном смысле поворот в политике нового электростроительства, в особенности в европейских странах.

Если в предшествующие годы ведущим направлением в развитии электрохозяйства было строительство высокомощных электростанций и их расширение, стимулируемое экономическими факторами (снижение удельных капиталовложений на 1 kW, издержки производства 1 kWh и повышение рентабельности капиталовложений), то новым направлением стало: ограничение предельных мощностей станции, а следовательно, агрегатов; отказ от расширения действующих крупных станций; увеличение числа новых генерирующих точек за счет их рассредоточения; перенесение центра тяжести нового строительства генерирующих мощностей к основным промышленным потребителям, при одновременном развертывании и усилении электросвязей с системами; обеспечение возможности многостороннего питания энергией особо важных потребителей; пространственное рассредоточение самых электропередач как питательного, так и маинвренного характера.

В Германии, несмотря на указанные выше трудности в изучении материалов по современному развитию электрохозяйства, более глубокий анализ даже косвенных данных резко

вскрывает это принципиально новое направление в разы электроэнергетики.

Динамика установленной за последние годы мощности (рис. 6) показывает, что центр тяжести нового электростроительства перенесен на промышленные установки в отличие от динамики развития электрохозяйства до 1934 г.

Состав (%) годового прироста мощности

1929 г. 1937 г.

Промстаций	9,1	67,2
Станций общего пользования	90,9	32,8
100		100

Изменение числа электростанций и их состава, представ-ленное на рис. 7 и 8, с подтверждением приведен-го выше положения ясно показывает, в отличие от пре-шествующих лет, переход к широкому строительству новы-х электростанций, главным образом при заводах и фабриках. За 1928—1933 гг. общая численность промышленных элек-тростанций из года в год резко сокращалась и за указаны-й период уменьшилась — в связи с консервацией и демонти-жем — примерно на 1400 установок, при одновременном уве-личении числа электростанций общего пользования на 218. За 1933—1937 гг. прибавилось новых промстаций 72 а общего пользования всего 3. В 1937 г. было включено строй новых 100 промышленных установок и 28 станций об-щей пользования.

Отказ от расширения электростанций подчеркивается в ряде технических отчетов. Например, в техническом отче-зе за 1937 г. (Electrizitätswirtschaft № 3, 1938, стр. 47) чита-ем: «... Хотя предприняты или подготовлены серьезно про-работанные проекты расширения действующих электростанций, однако большая потребность в электроэнергии согласно четырехлетнему плану, которая не может быть покрыта эти-ми станциями, заставила строить новые станции. Это требова-лось и потому, что мощность существующих крупных ста-ций дальше не увеличивается».

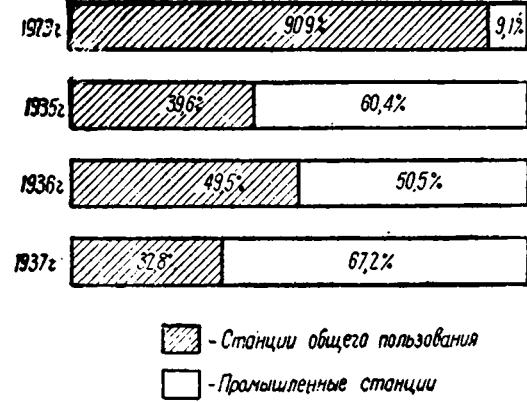


Рис. 7. Германия. Изменения в составе годового прироста мощности электростанций

На рис. 9 представлены обработанные статистические дан-ные, характеризующие современный уровень концентрации германских электростанций как общего пользования, так и промышленных.

В промышленных электростанциях доминирующей по мощности является группа установок до 10 MW. За 1934—1937 гг. несколько повысился удельный вес группы электростанций с мощностью 10—50 MW и выше. В частности, обращает внимание включение в эту группу в 1936—1937 гг. двух но-вых установок свыше 100 MW.

В электростанциях общего пользования доминирующей является группа станций свыше 100 MW (больше $\frac{1}{3}$ суммарной мощности). Здесь представлена и станция Гольденберг-верке в Рурском бассейне с мощностью в полмиллиона kW и станция Черновицы в 440 MW в средней Германии, Клин-генберг и Вест в Берлине, Белен — в Саксонии — каждая мощностью свыше 200 MW и др.

Значительный удельный вес занимают электростанции с мощностью от 10 до 50 MW. За последние 3 года эта груп-па электростанций повысила свой удельный вес в суммарной мощности электрохозяйства Германии. По сравнению с 1934 г.

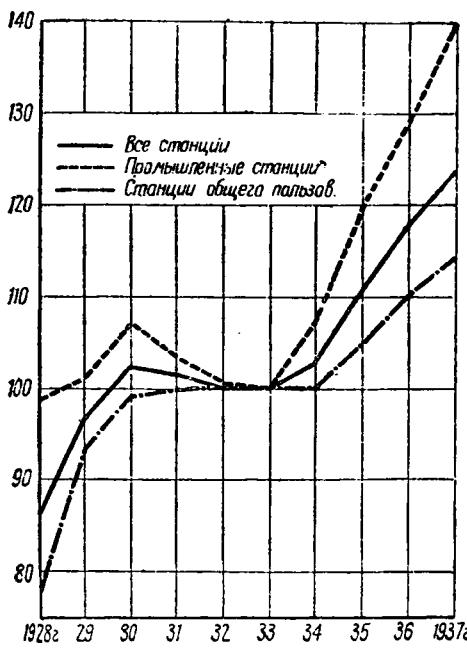
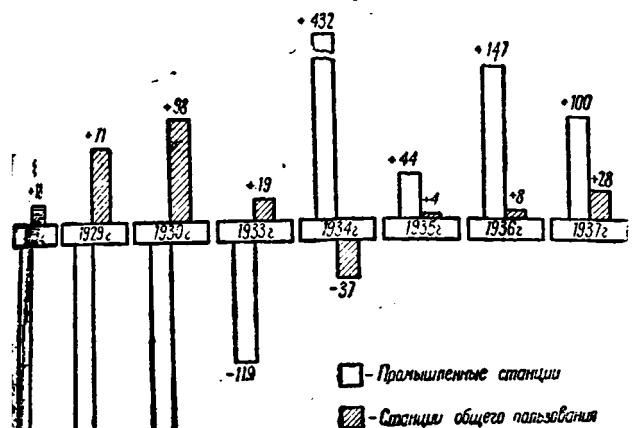
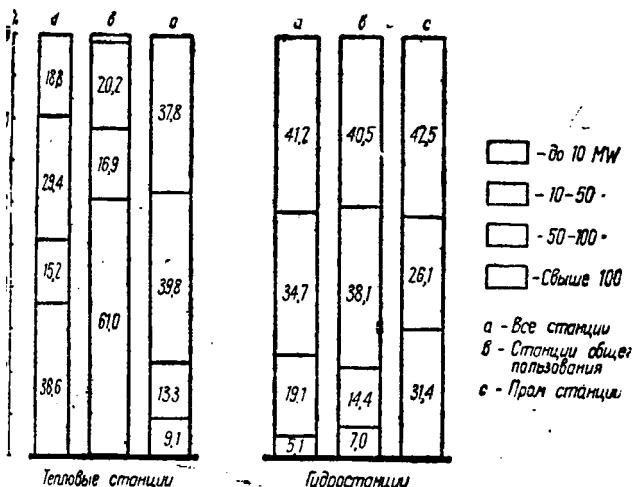


Рис. 6. Германия. Динамика установленной мощности электростанций (1933 = 100%)



8. Германия. Изменение числа станций (общего пользования и промышленных)



9. Германия. Уровень концентрации гидравлических и тепловых электростанций (по выработке электроэнергии в 1937 г.)

з группой станций дала прирост мощности на 21%, между тем как группа станций от 50 до 100 MW дала прирост на 1%, а средний прирост мощности по всем станциям составил +19%.

В особенности обращает внимание преобладание гидроэнергии малой и средней мощности. Свыше 40% по производительности падает на группу гидростанций до 10 MW около 20% — на группу гидростанций от 10 до 50 MW. Речь идет относительно значительная часть гидростанций входила в состав промышленных установок.

Среди тепловых электростанций около половины годовой выработки дает группа станций до 50 MW.

Изменение концентрации в результате годового прироста мощностей за 1936—1937 гг. может быть охарактеризовано следующими данными:

Станции с мощностью	Прирост числа станций за год			
	по промышл. станциям		по станциям общего пользования	
	1936 г.	1937 г.	1936 г.	1937 г.
10 MW ..	+ 145	+ 93	+ 6	+ 23
10 до 50 MW ..	+ 2	+ 5	+ 2	+ 1
50 .. 100 MW ..	-	-	- 2	+ 2
свыше 100 MW ..	-	+ 1	+ 2	+ 2

Они в свою очередь подтверждают, что новое энергостроительство было сосредоточено главным образом на мощностях электростанций до 10 MW и от 10 до 50 MW.

Наряду с этим строились и расширялись отдельные электростанции от 50 MW и выше (в 1937 г. прибавилось 5 таких электростанций).

С этим связано и изменение (деконцентрация) в мощностях единичных агрегатов. Из технического отчета AEG за 1937 г. видно, что из полутысячи млн. kW новой мощности, находящейся в изготовлении этой фирмы для германских станций, свыше $\frac{2}{3}$ мощности падает на агрегаты с единичной мощностью до 10 MW.

Предельная величина мощности отдельных станций официально фиксирована руководством имперской группы энергохозяйства цифрой 150—200 MW. Например, Менге пишет:

«Верхняя граница мощности станций для ближайшего времени принята в 150—200 MW. Это означает поворот от гигантских станций»⁵.

В особенности большое внимание обращено на включение как новых, так и старых изолированно работающих электростанций в районную сеть по принципу двухсторонней связи.

В технических отчетах германских заводов особое внимание уделяется производству специальных регуляторов и автоматических переключателей, позволяющих фабрично-заводским электроустановкам переключаться на самостоятельную работу.

В английском электрохозяйстве доминирует группа электростанций с мощностью от 10 до 50 MW (свыше $\frac{1}{3}$ суммарной мощности) наряду со значительным удельным весом электростанций с мощностью 50—100 MW и выше. За последние несколько лет удельный вес высокомощных электростанций заметно повысился. В Англии сейчас работают 16 станций свыше 100 MW с суммарной мощностью около 2,5 млн. kW. Среди этих электростанций — Battersea в 245 MW (расширяется еще на 100 MW), Barking «A» 240 MW, Barking «B» — 300 MW (включая строящуюся мощность) и т. д.

Основное направление нового строительства электрохозяйства за последние годы в связи со строительством и освоением Grid заключалось в реконструкции и в расширении существующих электростанций.

Проблема рассредоточения мощностей с оборонной точки зрения начала оживленно дискутироваться в английской энергетической периодике только в 1938 г. и в особенности остро была поставлена во втором полугодии — после «Мюнхена».

Специальная печать отмечала необходимость ограничения предельной мощности станций и отказа от расширения крупных существующих электростанций. «Деконцентрация — единственный выход» — таким заголовком сопровождает редакция El. Times свою статью.

Учитывая освоение Grid, печать приходит к выводу, что вопрос рассредоточения мощности может быть решен экономично путем применения на отдельных электростанциях высокомощных агрегатов за счет ограничения их числа.

Разрешения на расширение электростанций, выданные Центральным электроуправлением в 1937 г. (двуухлетняя программа предстоящего строительства), еще не отражали новой линии энергостроительства; так, на Баттерси запроектирован новый агрегат в 100 MW, Феррей-Бридж — 2 × 45 MW, Баркинг — 75 MW и на ряде других станций (Дэнстон, Блэкберн и др.) агрегаты с единичной мощностью в 50 MW.

Однако симптоматичным является сообщение, приведенное в 1938 г. El. Review о том, что новый агрегат на расширяющейся станции Hams-Hall будет размещен в новом здании, на расстоянии 820 м от старого.

Незначительные сдвиги в этом вопросе показывают опубликованные в конце января 1939 г. разрешения на новые мощности, выданые уже в 1938 г.

На ряде станций мощность агрегатов, намеченных к установке, характеризуется цифрами в 30, 25, 15 MW и ниже.

Во Франции тепловые электростанции, если выключить парижский район, состоят преимущественно из среднемощных установок, в значительной части до 50 MW. Из 8 станций свыше 100 MW общей мощностью в 1,7 млн. kW, 7 — с общей мощностью в 1,54 млн. kW сосредоточены

в Париже. Париж, как уже отмечено было, имеет развитые электрические связи как с периферийными энергетическими центрами, так и с центральным гидроэнергетическим массивом.

Из гидростанций только 4 имеют мощность каждая свыше 100 MW, а в сумме — 520 MW. Многочисленность гидростанций средней и небольшой мощности, объединенных в системы, является также характерной особенностью французского электрохозяйства.

Режимы эксплуатации этих электроэнергетических кустов представляют, несомненно, большой интерес в разрезе решения задачи распределения мощностей. Французская печать в последние месяцы особенно внимательно анализирует эту проблему, повидимому, в связи с задачей повышения обороноспособности электроэнергетической базы.

В США, несмотря на указанные выше форсированные мероприятия правительства в направлении повышения обороноспособности электроэнергетики страны, проблема распределения мощностей не стоит так остро, как в европейских странах.

Это объясняется, естественно, главным образом специфическими пространственно-географическими условиями США (меньшая уязвимость от воздушного нападения) и несопоставимым с европейскими странами масштабом развития энергохозяйства⁶.

Разработанный и опубликованный Оборонно-энергетическим комитетом США стандарт главного оборудования тепловых электростанций предусматривает единичную мощность агрегатов в интервале от 10 до 100 MW. Можно только заметить, что в шкале мощностей этого стандарта отсутствуют агрегаты в 160 MW, ряд экземпляров которых уже работает на американских станциях: Richmond, East-River, Hudson-Avenu и др. (общее число агрегатов с единичной мощностью в 100 MW и выше составило в 1937 г. 16 с суммарной мощностью порядка 2 млн. kW).

Тем не менее обработка данных списков тепловых мощностей, введенных в 1937—1938 гг. и находящихся в постройке, показывает, что центр тяжести нового строительства переместился и в США на среднемощные установки наряду с расширением и строительством отдельных сверхмощных электростанций.

В промышленных же станциях мощности всех новых агрегатов укладываются, за небольшими исключениями, в интервале до 10 MW.

Однако мы не располагаем данными, которые дали бы основание расценивать это обстоятельство как поворот в новом энергостроительстве, продиктованный военными соображениями.

Характеристика состава мощностей первых станций общего пользования, введенных в США в 1938 г. и намеченных к вводу в 1939 г.

Новые мощности (в kW)	Новые станции		Расширение существующих станций	
	мощность (в 1000 kW)	мощность (в 1000 kW)	мощность (в 1000 kW)	мощность (в 1000 kW)
Введено в 1938 г.				
До 5 000	8,3		832	
5 001 — 10 000	17,5		61,8	
10 001 — 50 000	124,3		434,3	
50 001 — 100 000	—		405	
Свыше 100 000	—		223	
Намечено к вводу в 1939 г.				
До 5 000	—		28,7	
5 001 — 10 000	—		54,5	
10 001 — 50 000	40		339,5	
50 001 — 100 000	130		180	
Свыше 100 000	—		150	

⁶ Однако в энергетических журналах США также указывалась необходимость отказа от строительства сверхмощных станций.

В достаточной степени показательным является следующий вывод, к которому пришли авторы цитированного официального труда — «Technological trends...»

«...Будет строиться очень мало сверхмощных электростанций.

Немногие новые станции будут иметь агрегаты с 50 000 kW.

Электростанции будут размещаться в более подводных местах и будут соединяться подземным кабелем. Электроэнергия будет вырабатываться на напряжении, примерно, или 66 kV, в результате чего устраняются крупные трансформаторы, снижается себестоимость и повышается надежность (стр. 273).

Проблема защиты электрохозяйства от разрушений в военный период. Наиболее важным вопросом в технической подготовке электрохозяйства к войне в европейских странах является проблема защиты от воздушных нападений.

Для Германии, Англии и Франции в силу пространственных географических условий этот вопрос имеет исключительную важность. Пожалуй, этот фактор является одним из определяющих в строительстве электрохозяйства.

Распределение мощностей и ограничение предельной мощности станций; отказ от расширения крупных станций; обеспечение многостороннего питания важных узлов, одновременное строительство собственных генерирующих установок для особо важных потребителей, связанных с районными сетями; создание резервных мощностей специального назначения и т. д. — все это обусловлено в значительной части проблемой защиты электрохозяйства от возможных разрушений в военный период, главным образом от воздушных нападений.

Наряду с этим особого внимания заслуживают специальные мероприятия в технике строительства и компоновки станций. Несмотря на ограниченность публикуемых в литературе материалов, представляется все же возможным отметить следующие факты в этой области, заслуживающие самого внимания.

За последние годы в ряде европейских стран строятся специальные подземные гидро- и теплостанции, защищенные от воздушных нападений (так называемые «бомбостойкие» станции). На основе данных технических отчетов отдельных фирм, заметок и статей в европейской энергетической печати можно констатировать, что в последние годы идет заметное строительство подземных типов станций.

Приведем для иллюстрации только некоторые данные опубликованные в 1938 г.:

— В технических отчетах Броун-Бовери отмечается изготовление оборудования с котлами Веллокса для подземных станций мощностью по 9—10 MW.

— Во второй половине 1938 г. в Германии вошла в эксплуатацию новая подводная гидростанция Нойштайнбах F. Иллер, построенная по системе Schwedo — Coburg — Fischer. Мощность станции 8000 kW. В отчете отмечается значительное улучшение в выполнении этой станции по сравнению с введенной по этой же системе в 1937 г. гидростанции Персанте в Померании.

Опубликован ряд проектов подземных бомбостойких электростанций. Отметим здесь только два из них: проект подземной электростанции в Англии на 10 MW с 10-дневным запасом топлива (на мазуте) (описание этой электростанции см. в Electrician, 1938) и осуществленный проект подземной гидростанции в Швеции (описание см. в Wasserkraft u. Wasserwirtschaft, 1938).

— Особое внимание уделяется в Англии вопросам защиты надземных электростанций от возможных разрушений в военный период, главным образом от воздушных нападений. Основная установка в этом вопросе заключается в защитных мероприятиях не от прямых попаданий бомб, а от осколков и от последствий, вызываемых загрязнительными и химическими бомбами.

Это подчеркивает в своем отчете и главный инж. Бостон эдисоновской компании США Irving Moulthrop, посетивший английские электростанции: «... Основные электростанции по распоряжению гражданских властей затемняются, а именные фонари верхнего света перекрываются тяжелыми бетонными крышками, и рабочие помещения электростанций целиком огораживаются. Идея этого заключается не в том, чтобы предотвратить повреждения от прямого нападения бомб, но защитить оборудование от летящих осколков» (EI. World October 1938).

Заметный поворот делается в архитектурном и в конструктивном оформлении зданий электростанций и подстанций.

не от основного направления в предыдущий период существа, заключавшегося в облегчении зданий и в увеличении естественного освещения за счет бокового и верхнего текления, сейчас здания строятся без естественного света, с глухой железобетонной оболочкой, рассчитанной на сопротивление разрушающему действию осколков.

Вспоминая Центрального электроуправления верхней боковой свет на ряде существующих станций перешел в глухой бетонной оболочкой. Особое внимание приделено огораживанию распределительного устройства. В Мотфордской построена первая из серий бронированных бомбовых подстанций, которая якобы полностью защищена от взрывов бомб и также от газовых и зажигательных (Мотфордская подстанция является ответственным пунктом электроснабжения; описание ее дано в ряде английских специальных журналов.)

уточняется, это только отдельные иллюстрации, нуждающиеся в серьезной проверке, с точки зрения эффективности подобных мероприятий.

Серьезное внимание уделяет европейская энергетическая проблема проблеме обороноспособности высоковольтных сетей. Вопрос, в частности, широко дискутируется в английских энергетических журналах. Все высказывания единодушны в том, что возможные повреждения электросетей несравненно менее значимы по сравнению с повреждениями станций и подстанций. Подчеркивается быстрота исправления возможных повреждений в линиях электропередач.

Центральное электроуправление в Англии форсирует специальные мероприятия по проверке безотказной работы различных устройств, в частности, выключательного хозяйства. Старт с тем ведутся исследовательские и экспериментальные работы по переводу отдельных участков высоковольтных сетей на подземный высоковольтный кабель, что должно значительно обеспечить безопасность электропередач.

Переводе отдельных звеньев английской Grid на подземный кабель был сделан ряд специальных запросов в английском парламенте. Официальные отчеты Центрального управления отмечают экспериментальную работу в Англии по освоению подземного кабеля на 132 kV. В особенности следует подчеркнуть в этой связи усиленные работы в европейских странах и в США по освоению высоковольтных кабелей постоянного тока.

Много внимания уделяется маскировке электростанций. Особенности заслуживает внимание сооружение электростанций с невидимыми дымовыми трубами. Внешний вид зданий, в связи со специальной компактностью оборудования, почти не отличается от обычного здания в городе⁷. Заслуживает также быть отмеченным сообщение Rill о защитном креплении электростанций на основе работ в области фосфоресцирующих и люминесцирующих веществ.

Растущие внутренние противоречия развития электроэнергетики в капиталистических странах. Анализ развития электроэнергетики капиталистических стран показывает, что, несмотря на резкий поворот в технике, в экономике и в организации энергohозяйства, обусловленный военным фактором, на нынешнем этапе обостряются исходные внутренние противоречия и трудности. Капиталистическое хозяйство не может реализовать всей полнотой прогрессивные достижения техники.

Широкое развитие в последние годы электросистем и их интеграция, вплоть до создания значительной части территории страны единой высоковольтной сети (США, Англия, Франция, Германия), тем не менее далеко еще не обеспечивают подлинную общехозяйственную эффективность этого основного прогрессивного направления в электроэнергетике. Это объясняется тем, что взаимосвязи между системами имеют главным образом капиталистически-коммерческий, а не производственно-технический характер. Тем самым не используются все возможности улучшения энерго-экономических показателей за счет оптимального режима отдельных элементов си-

стем, независимо от их принадлежности к отдельным компаниям. В каждом районе функционирует много электросистем, принадлежащих различным компаниям. Наряду с электрогенерирующими системами в каждом районе существует множество экономически обособленных распределительных систем; наряду с избытками мощностей имеют место и значительные дефициты, которые не могут быть сбалансированы.

Ярким проявлением противоречий капиталистического хозяйства является хроническая недогрузка генерирующего аппарата. Сращивание электромонополий с государственной машиной сопровождается попрежнему развитием конкурентной борьбы частных интересов, происходящей лишь в новых формах. Усиливается, например, конкурентная борьба на почве внедрения различных энергоносителей, различных источников энергии (электричество и газ в высокотемпературных процессах, газ и пар в низко- или среднетемпературных процессах, уголь и нефть, гидро- и тепловые станции и т. д.). Эта конкурентная борьба в общехозяйственном разрезе искажает оптимальные условия сочетания различных энергоресурсов и энергоносителей, вследствие чего основная энергетическая проблема зачастую решается в уродливой с общехозяйственной точки зрения форме.

Анализ состава энергостроительства убеждает в глубоком, ничем неоправданном разнобое в шкале мощностей единичных агрегатов и их параметров, в шкале мощностей электростанций, в шкале напряжений передаточных и распределительных сетей и т. д.

Например, установленное в Германии оборудование в 1935—1936 гг. имеет в интервале шкалы мощностей паровых турбогенераторов от 3000 до 22 000 kW не менее 18 размеров мощностей единичных агрегатов.

В США установленное и находящееся в постройке оборудование в 1938 г. на тепловых электростанциях общего пользования имеет в интервале шкалы мощностей паровых турбогенераторов от 2500 до 150 000 kW 28 размеров мощностей единичных агрегатов. В Англии — в интервале от 3000 до 105 000 kW — 15 размеров мощностей единичных агрегатов.

Начальные параметры нового оборудования на паровых электростанциях США в 1938 г. имели по начальному давлению в интервале от 28 до 105 ат 37 размеров и по начальным температурам в интервале 299—510°—29 размеров.

Высоковольтные сети Германии в интервале от 10 до 220 kV имеют 24 ступени.

Решительно ничем не оправдан большой разнобой в мощностях тепловых электростанций. Разве может быть оправдано с точки зрения экономической, технической, либо военно-стратегической строительство в Нью-Йорке большого количества мелких установок при прачечных, пивоваренных заводах, жилых домах, гостиницах и т. д., в условиях работы таких мощных электрических и тепловых систем, как нью-йоркские, причем значительно недогруженных с большими избытками мощностей?

Рассмотрение вопроса о современном развитии теплофикации в свою очередь показывает ограниченные возможности капиталистической элек-

трификации реализовать в широком масштабе прогрессивные достижения техники. То же относится и к решению проблемы местных энергоресурсов и комплексного их использования.

Выборочные данные по централизованному теплоснабжению в 10 городах США очень ярко характеризуют указанное выше положение об отставании комбинированной выработки электрической и тепловой энергии. При суммарном годовом отпуске тепла от теплоцентралей этих городов в 111 с лишним млн. т пара электрическая мощность турбин составляет всего 54 MW. В Нью-Йорке на небольшом расстоянии друг от друга на берегу реки E. River высятся две очень крупные установки: конденсационная — Waterside и отопительная — Kips Bay. Первая принадлежала нью-йоркской электроснабжающей системе, а вторая — теплоснабжающей компании. Первая согласно договору не имеет права продавать тепловую энергию, а вторая — электроэнергию. Это достаточно яркая иллюстрация, не требующая пояснений⁸.

Известно, что на нужды коммунального хозяйства уходит свыше 25% потребляемого топлива. На низкотемпературные же процессы падает свыше 3/4 всего потребления энергии в коммунальном хозяйстве.

За последние два-три года — не без влияния опыта развития энергетики СССР — резко повысилось внимание к вопросам теплофикации как в США, так и в Германии. Это непосредственно связано также со всеми новейшими изменениями в энергохозяйстве, о которых речь шла выше.

В новом оборудовании, установленном за последние годы, значительно повысился удельный вес теплофикационных агрегатов. Причем наряду с основным типом противодавленческой турбины уже фигурируют и турбины КО, КОО, ПЮ.

Своеобразие более широкого развития за последние два года теплофикации как в США, так и в Германии непосредственно связано также и с развитием «надстроек» форшальт-турбин. Пропускная способность пара части высокого давления делается выше соответствующей пропускной способности части низкого давления. Избытки пара после их использования в частях высокого давления предназначены для тепловых нужд (яркий пример дает настройка 4 форшальт-турбин на упомянутой выше Нью-Йоркской станции Waterside).

В Германии можно отметить ряд новых, средней и малой мощности, преимущественно городских тэц (Лейпциг, Гейдельберг и др.). Как американская, так и европейская энергетическая литература в истекшем году много внимания уделила научно-техническим вопросам тэц, теплофикационных турбин и их режима в условиях работы в энергосистемах.

Новейшие сдвиги в развитии зарубежной гетики на путях теплофикации в свою очередь непосредственно обусловлены переводом энергетики на военные рельсы.

В свете военной подготовки электрохозяйства очень острой и по существу радикально иерархии остается проблема энергетической аварии (главным образом топливо, специальные металлы), которую европейские страны пытаются решить любой ценой, часто в уродливых с хозяйственной точки зрения, формах. То, что США в силу потенциальных природных ресурсов, в состоянии обеспечить энергетическую аварии.

На современном этапе развития электроэнергетики основных европейских стран и США сильно обостряется проблема морально и физически изношенного оборудования станций, которое имеет отительно значительный удельный вес.

Между тем это обстоятельство, помимо прочего, резко сказывается на мобильности частных резервов мощности, на которые рассчитаны военные ведомства и о которых речь шла выше. Очень сложной и трудно разрешимой в энергетическом хозяйстве капиталистических стран остается так называемая проблема пиковой мощности. Около 1/3 выше рабочей мощности производят всего лишь в сколько процентов электроэнергии в пиковой час графика нагрузки. Это характерно для многих районов в европейских странах и в США. Пики преимущественно растут быстрее основной нагрузки. В американской и в европейской литературе — эта одна из актуальнейших проблем. Научно-техническая мысль работает над созданием специальных агрегатов — эластичных — с точки зрения быстроты подъема нагрузки и экономичных в пределах значительной недогрузки (пологая характеристика к. п. д. в низких интервалах нагрузки).

Электроэнергетика европейских стран и с военно-стратегической стороны остается сильно уязвимой. Рассредоточение новых мощностей пока еще очень мало отражается на общей структуре электрохозяйства. По германскому, английскому и французскому электрохозяйствам это видно из приведенных выше данных. Центр тяжести электроснабжения основных индустриальных центров пока все же сосредоточен на высокомощных станциях, значительно превосходящих те предельные мощности, о которых пишет энергетическая печать европейских стран.

Но особенно важно подчеркнуть уязвимость электрохозяйства европейских стран в силу пространственно географических условий. Электрохозяйство этих стран находится целиком в сфере действия военно-воздушных сил противника.

Мы далеко не исчерпали характеристику растущих внутренних противоречий современного этапа развития капиталистической электроэнергетики. Тем не менее приведенные выше факты достаточно убедительно показывают, что перевод электрохозяйства на военные рельсы не устраняет этих организационно присущих капиталистическому хозяйству противоречий.

⁸ Показательным фактом является скупка Нью-Йоркской электрокомпанией акций Нью-Йоркской паровой компании,

ИЗ РАБОТ СОВЕТСКИХ ЭЛЕКТРОТЕХНИКОВ*

М. А. Ченцов, М. Я. Смелянский, Московский энергетический институт им. Молотова. Расчет нагревательных элементов электрических печей сопротивления.

Повышение требований к механическим свойствам сталей, применявшихся в машиностроении, особенно в наиболее ответственных отраслях (оборонной, автотракторной, сложных станков, точных приборов и т. д.), обусловило самое широкое развитие термической обработки. Электрические печи сопротивления являются наиболее совершенными аппаратами, позволяющими очень точно и с малыми потерями металла вести технологический процесс термообработки. Подобные печи находят преимущественное применение в литьевых легкоплавких и цветных металлов. В плане дальнейшего развития машиностроения в третьей пятилетке несомненно быстрый количественный рост и увеличение мощностей электрических печей сопротивления.

Практика пользуется для расчета основной рабочей части печи — нагревательного элемента — методами, предложенными Стенслем и Греннером. Оба метода базируются на верных представлениях процесса теплопередачи в электрической печи, что приводит к неправильным результатам. В настоящей работе рассматриваются физический процесс теплопередачи в электропечи сопротивления и предлагается полный и обоснованный метод расчета нагревательных элементов.

Расчет нагревательных элементов необходимо базировать на законах теплопередачи. В процессе теплообмена любой электрической печи участвуют три тела — нагреватель, нагреваемое изделие и футеровка печи. Температура изделия является в качестве исходного данного расчета наряду с подводимой мощностью и мощностью потерь; температуры нагревателя и футеровки определяются физическими факторами тел и взаимным их расположением. Важным физическим фактором является коэффициент излучения. Практически коэффициенты излучения различных тел почти одинаковы, поэтому допустимо пользоваться приведенным коэффициентом, равным $4,66 \text{ W/cm}^2 \text{ С.}$

Процесс передачи тепла, осуществляемый излучением, идет по следующей схеме: подводимая к нагревателю мощность повышает его температуру до уровня, достаточного для передачи полезной мощности изделию и компенсации мощности потерь. Однако только часть теплового потока элемента нагревателя попадает непосредственно на нагреваемые изделия, — часть потока попадает на соседние элементы нагревателя, часть идет на футеровку. Футеровка участвует в теплопередаче, отражая падающий на нее поток, за вычетом потери через футеровку, обратно на нагреватели и нагреваемое изделие. Используя зависимости, определяемые балансами энергии во всех трех температурных зонах, можно определить в связи с заданной температурой изделий температуру нагревателя и футеровки:

$$\Theta_1 = P \frac{(F_{21} + F_{31}) - P'(F_{11} + F_{21})}{c(F_{21}F_{13} + F_{13}F_{31})} + \Theta_2$$

$$\Theta_3 = \frac{P - P'}{c(F_{21} + F_{23})} + \Theta_2.$$

Индекс 1 — относится к нагревателю, 2 — к нагреваемому изделию и 3 — к футеровке; $\Theta = \left(\frac{T}{100} \right)^4$ — температурный фактор, где T абсолютная температура, P с индексами 12, 13, 23 — взаимные площади.

В большинстве случаев взаимные площади легко определяются по методу д-ра Г. Л. Поляка [1].

Конечной целью всякого расчета является выбор формы элементов, соответствующей заданной для элементов температуре, так как только температура определяет срок службы элементов и является критерием нагрузки.

Приведенные формулы позволяют определить искомые температуры уже выполненных конструкций, но не дают возможности производить расчет. Для расчета удобно поль-

* В этом разделе публикуются краткие извлечения из теоретических, экспериментальных, проектно-расчетных и производственных работ советских инженеров и научных работников в области электротехники сильных токов.

зоваться общепринятым критерием удельной мощности на поверхности нагревателя W/cm^2 .

Следует только иметь в виду, что этот критерий является фактическим и условным, для связи его с температурой необходимо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие взаимное расположение и законы теплоотдачи в печи. В качестве такого коэффициента можно принять отношение падающего на нагреваемое изделие потока — основного и отраженного футеровкой, к фактическому потоку разогнутого нагревателя, свободно излучающего в пространство. Этот коэффициент a' назовем приведенным коэффициентом облученности изделия.

Идя по изложенной выше схеме распределения потоков лучистой энергии в камере печи, легко найти зависимость приведенного коэффициента облученности от коэффициента затенения свободного нагревателя, расположения элементов и отношения мощности потерь к общей мощности.

Для зигзагообразных навивочных элементов прямоугольного сечения (обычная форма нагревателей):

$$a' = \frac{a}{2} + a \left(1 - a \frac{a+b}{b+d} \right) \left(\frac{1}{2} - \frac{P'}{P} \right).$$

Здесь $a = \frac{b+d+a-\sqrt{a^2+d^2}}{2(a+d)}$ — собственный коэффициент затенения нагревательного элемента, a , b и d — размеры согласно эскизу рис. 1.

a' в зависимости от отношения $\frac{d}{a}$ дано графиком рис. 1.

Постафаемся обосновать теперь наше утверждение о неправильности методов расчета нагревательных элементов Стенселя и Греннера. Первый из них совершенно игнорирует участие футеровки в процессе теплопередачи (кроме того, Стенсель неправильно вычисляет коэффициент затенения a), второй метод учитывает ее неправильно, рассматривая совершенно необоснованно футеровку как «идеальный экран», т. е. считая, что она отражает половину падающего на него потока (в расчете падающего на футеровку потока Греннер не учитывает излучение плоской грани нагревателя, обращенной к футеровке и, кроме того, неверно подсчитывает проходящую сквозь элементы часть отраженного потока [2, 3, 4, 5]).

Приведенный коэффициент облучения, применительно ко второй распространенной конструкции нагревателей — спиральных элементов, дается следующей формулой:

$$a' = \frac{a_1}{2} + \left(1 - \frac{a_2 \pi D}{2 \cdot S} \right) \left(\frac{1}{2} - \frac{P'}{P} \right).$$

Здесь D — диаметр спирали, S — расстояние между спиральными витками; a_1 — коэффициент затенения витков, практически равный 0,5; коэффициент затенения спиралей (рис. 2):

$$a_2 = \frac{1}{\pi} \left(\frac{S}{D} - \sqrt{\left(\frac{S}{D} \right)^2 - 1} + \operatorname{arctg} \sqrt{\left(\frac{S}{D} \right)^2 - 1} \right).$$

Пользуясь введенным понятием приведенного коэффициента облученности и найденными для него выражениями, полный расчет нагревательных элементов производится достаточно просто.

Предлагаемый ниже метод расчета рассматривает обычное равномерное расположение нагревательных элементов на стенах печи, при обычном допущении, что нагреваемое

тело заполняет значительную часть печного пространства. В большинстве случаев такое допущение вполне обосновано, если же поверхность нагреваемого тела значительно меньше площади излучающих стен печи, следует вводить добавочный коэффициент α_{12} , на который нужно умножить приведенный коэффициент облучения α' :

$$\alpha_{12} = \left[\frac{1}{4,66} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{4,66} - \frac{1}{5,77} \right) \right]^{4,66},$$

где F_1 — площадь стенки, F_2 — проекция изделия на стенку [6].

Расчет предполагает заданными — мощность печи, напряжение, мощность потерь и необходимую температуру изделия. Температуру нагревателя ориентировочно устанавливают, исходя из соображений минимального расхода материала нагревателя. Каждый материал имеет для заданной температуры T_2 вполне определенную оптимальную рабочую температуру, которая должна связываться с характеристиками жаростойкости материала. Приведенный коэффициент облученности α' дает возможность связать допустимые нагрузки нагревателя с параметрами печи достаточно просто — соотношениями.

При определенных выше заданных величинах определяется нагрузка нагревателя:

$$W'_0 = \alpha' (\Theta_1 - \Theta_2) C.$$

Записанное выражение следует из того, что актальная поверхность нагревателя, соответствующая суммарному излученному на изделие тепловому потоку:

$$F_{акт} = F\alpha'.$$

Зная α' нетрудно определить допустимую нагрузку (W/cm^2) нагревателя в зависимости от T_2 :

$$W'_0 = \alpha' W_0,$$

где W_0 — удельная нагрузка для свободно излучающей поверхности, берется по рис. 3, где она показана в зависимости от температуры T_2 и определяет температуру нагревателя. По допустимой нагрузке размеры нагревателя определяются по формуле:

$$a = 3,68 \sqrt[3]{\frac{\rho P^2}{W'_0 U \cdot n^2 k (k+1)}} [\text{cm}],$$

здесь ρ — удельное сопротивление, P — мощность печи, U — напряжение, W'_0 — удельная нагрузка, n — число параллельных ветвей, k — отношение граней. Для наших союзных материалов $k=10$.

По подобным же соображениям для нагревателей из круглого материала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{\rho P^2}{W'_0 U^2 n^2}},$$

где d — диаметр проволоки спирального нагревателя.

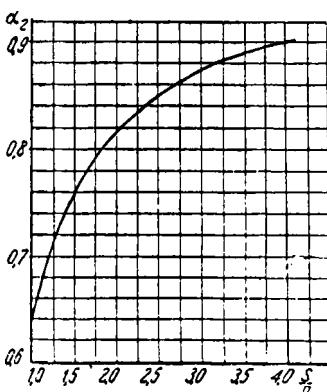


Рис. 2. Коэффициент затенения ряда спиралей в зависимости от $\frac{S}{D}$

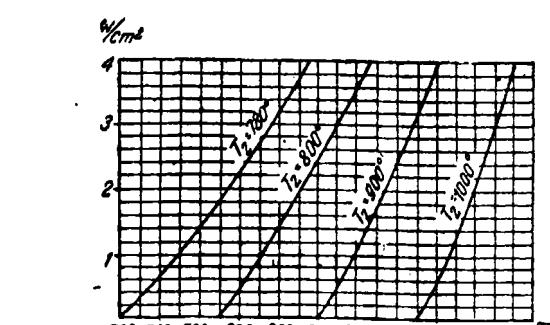


Рис. 3. Удельная нагрузка нагревателя W_0 в зависимости от температуры его при свободном излучении и заданной температуре изделия (по Стенселию)

Длина нагревателя определяется, как обычно, из формулы

$$l = \frac{U^2 S}{\rho P},$$

здесь l — длина нагревателя, U — напряжение печи, P — необходимая мощность, S — определенное ранее сечение нагревателя.

С увеличением просвета d между нагревателями улучшается коэффициент облученности α' , что ведет к снижению веса нагревателя.

При заданных мощности печи и напряжении поперечные

размеры нагревателей относятся как $\left(\frac{\alpha'_1}{\alpha'_2}\right)^{\frac{1}{3}}$ и длины $\frac{d}{a_2}$ как $\left(\frac{\alpha'_1}{\alpha'_2}\right)^{\frac{2}{3}}$.

$$\text{Следовательно, отношение весов } \frac{Y_1}{Y_2} = \left(\frac{\alpha'_1}{\alpha'_2}\right)^{\frac{4}{3}}.$$

Рис. 4 дает зависимость удельной мощности и соотношения весов от отношения $\frac{d}{a}$.

Таким образом мы видим, что с точки зрения экономии материала следует добиваться наибольшего α' , шире разделяя ленты, и применять элементы, приближающиеся к ободовому типу (т. е. расположенные широкой стороной к стеке печи).

Рис. 5 дает α' в зависимости от $\frac{d}{a}$ для спиральных элементов при $\frac{P'}{P} = 22\%$.

Однако с последним утверждением вступает в противоречие требование высокой мощности на поверхности изделия.

Зависимость мощности (kW) с квадратного метра стены печи (или, что то же, на квадратный метр нагреваемого изделия) от α' и отношения $\frac{d}{a}$ дается формулой:

$$\frac{P}{F_0} = c \frac{\alpha' W_0}{1 + \frac{d}{a}}.$$

При принятом у нас отношении граней один к десяти для зигзагообразного расположения лент постоянная $c = 2,20$.

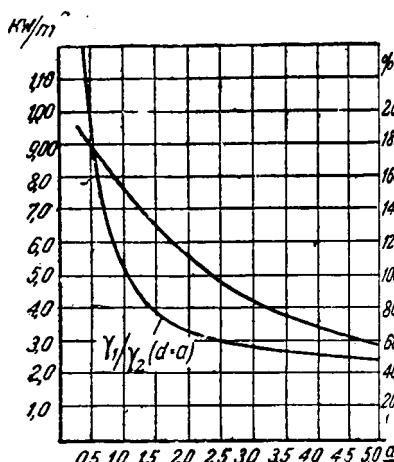


Рис. 4. Зависимость удельной мощности от $\frac{d}{a}$ и соотношения весов нагревателя зигзагообразной формы ($\frac{a}{b} = 10; \frac{P'}{P} = 23\%$)

и заданная удельная мощность на поверхности стенки соответствует рациональному расположению нагревателя, необходимо пересмотреть выбор материала нагревателя (повысив допустимую температуру его) или, если это нежелательно, габариты печи. Таким образом, расчет прямоугольного нагревателя производится по следующей схеме.

По рабочей температуре печи T_2 , выбираем материал нагревателя и по его характеристикам (жаростойкости) оптимальную температуру нагревателя T_1 .

T_1 и T_2 дают нам удельную мощность нагревателя W_0 . Имея заданные габариты камеры и мощность печи, а также найденную удельную нагрузку W'_0 , по рис. 5 можно определить необходимое отношение $\frac{d}{a}$. Из конструктивных

изображений отношение $\frac{d}{a}$ должно быть больше 0,6. Найденное отношение $\frac{d}{a}$ определяет значение α' , находимое по

ж 1 (для заланных потерь через кладку печи). Получив α и α' , и, таким образом, W_0 , а также имея заданное напряжение и мощность печи, определяем размеры нагревателя по приведенным выше формулам.

Пользуясь приведенными на рис. 5 значениями приведенного коэффициента облученности α' для спиральных нагревателей и формулой удельной мощности на стенке печи:

$$\frac{P}{F_0} = \frac{\pi W_0 a'}{\left(1 + \frac{S}{D}\right)t},$$

где t — шаг витка, можно по такой же схеме произвести расчет спиральных нагревателей.

Литература

- Поляк, Алгебра однородных потоков, «Известия энергетического института Академии наук», том 3, 1935.
- Stansel, Industrial Electric Steading, New-York John Wiley, 1933.
- Stansel, General Electric Revue, 1928.
- Gränzert, Elektrowärme № 2, 1935.
- Gränzert, Elektrowärme № 8, 1936.
- Гребер и Эрк, Основы учения о теплообмене.

А. П. БЕЛЯКОВ. Всесоюзный электротехнический институт. Зоны защиты двух заземленных антенн или тросов различной степени защищенности¹.

Установлено, что величина зон защиты молниеводов, пределяемая из опытов на моделях, зависит при всех одинаковых условиях — полярность источника, форма мыши, масштаб модели и т. п. — от места положения очага разрядов. Наименьшая величина зоны защиты получается при нахождении очага разрядов в наиболее опасном положении. В прежних работах ВЭИ [1, 3, 5, 6] коэффициент защиты характеризуется вероятностью поражения порядка $\sigma = 0.001$. Появилась необходимость в ряде случаев, например при упрощенной защите, устраивать молниеводы, имеющие другую степень защищенности, однако практически затруднительно, тем более, что количество разрядов за грозу при этом с наибольшей опасностью нахождения очага разрядов чрезвычайно невелико. Поэтому требуется знать, каковы зоны защиты различных типов молниеводов при максимальных вероятностях поражения $\sigma = 0.01 - 0.0001$.

В связи с этим в ВЭИ с 1938 г. были развернуты (нача-

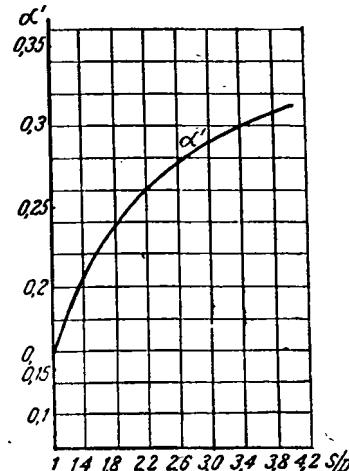


Рис. 5. Зависимость приведенного коэффициента облученности α' от $\frac{S}{D}$ ($\frac{P'}{P} = 22\%$, $a_1 = 0.5$)

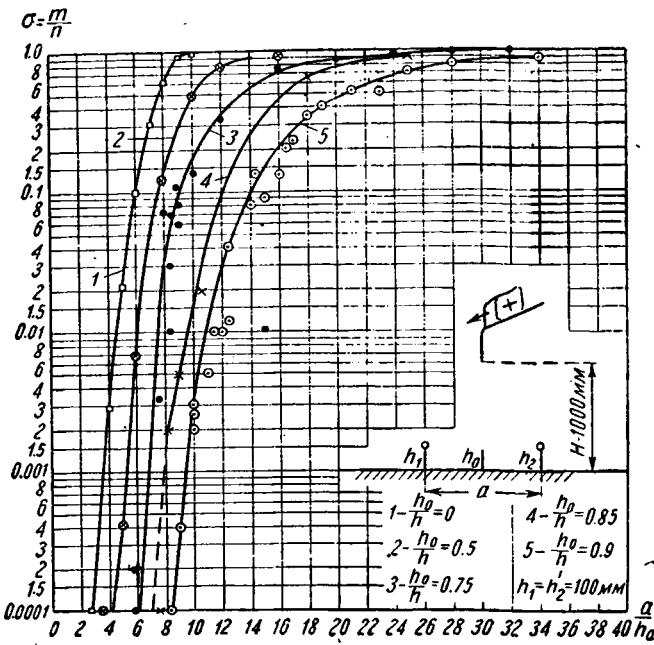


Рис. 1. Максимальная поражаемость заземленной плоскости и стержня на плоскости при защите двумя заземленными тросами в зависимости от отношения расстояния между тросами

$$\left(\frac{a}{h_a}\right)$$

тые ранее [2, 3, 4, 6, 7] опыты на моделях по установлению для стержневых и антенных молниеводов зон с различной степенью защиты.

На рис. 1 дана зависимость вероятности поражения заземленной плоскости, заключенной между двумя заземленными тросами, при различных отношениях расстояния между двумя тросами к высоте тросов $\left(\frac{a}{h}\right)$. На том же рисунке дана вероятность поражения позывающегося стержня, помещенного в центре между двумя тросами при разных отношениях $\frac{a}{h_a}$ — расстояния между двумя тросами к величине превышения тросов над стержнем и различных высотах защищаемых стержней ($h = 90, 85, 75$ и 50 мм). Высота очага разрядов $H = 1000$ мм, заземленных тросов $h_1 = h_2 = 100$ мм ($\frac{H}{h} = 10$).

Очаг импульсных разрядов от источника положительной полярности при всех испытаниях помещался в наиболее опасном положении — на одинаковом расстоянии от каждого из двух тросов.

Методика проведения экспериментов была подобна описанной в прежних работах ВЭИ [1, 6].

Влажность воздуха при опытах колебалась в пределах 3—10% mm, а температура $t = 10 - 21^\circ$. Как следует из рис. 1, наиболее вероятным является поражение заземленной плоскости. Это хорошо согласуется с тем фактом, что пробивное напряжение воздушного промежутка игла — плоскость при импульсных напряжениях положительной полярности менее, чем пробивное значение напряжения воздушного промежутка игла — игла.

Зависимости рис. 1 дают картину изменения вероятности поражения защищаемого объекта при различных расположениях двух заземленных тросов относительно защищаемого объекта. Они позволяют выбирать коэффициенты защиты ($k = \frac{a}{h_a}$), дающие различную степень защищенности. Из этих же кривых видно, что предложенные ранее ВЭИ, в работах А. А. Акопян [6], коэффициенты защиты при двух заземленных тросах находятся в крайней области этих зависимостей и характеризуются вероятностью поражения, примерно равной одной десятитысячной. Учитывая, что в ряде случаев возможно применение коэффициентов защиты с вероятностью поражения другого порядка ($\sigma = 0.0005; 0.001; 0.005$ и 0.01), нами отдельно построен график рис. 2, на котором представлены зависимости коэффициентов защиты

¹ В экспериментальной работе участвовал С. Н. Отанесян.

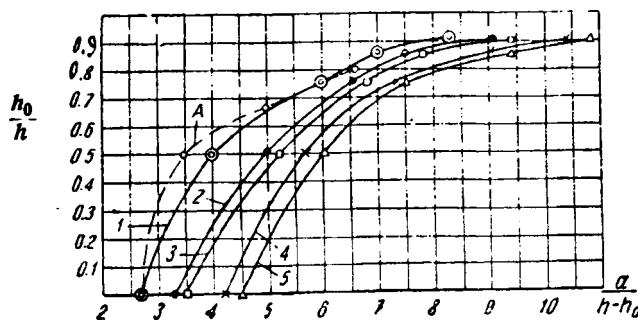


Рис. 2. Зона защиты двух заземленных тросов с разной степенью защищаемости возвышающегося объекта ($\frac{h_0}{h}$) и заземленной плоскости ($h_0=0$). Кривые 1, 2, 3, 4 и 5 для значений соответственно: 10^{-4} ; $5 \cdot 10^{-4}$; 10^{-3} ; $5 \cdot 10^{-3}$ и $2 \cdot 10^{-2}$. А — по данным Акопяна (ВЭИ)

плоскости и возвышающегося стержня двумя заземленными тросами от отношений $\frac{h_0}{h}$.

Вероятность поражения при защите двумя заземленными тросами заземленного стержня ввиду неодинаковой пробивной прочности должна быть меньше, чем вероятность поражения трех параллельных заземленных проводов.

Это подтверждается и опытами. Например, при защите

стержня высотой 50 mm ($\frac{h_0}{h} = 0,5$) при $\frac{a}{h} = 6$ из 1500 разрядов 5 поразили стержень ($\sigma = 0,0033$), в то время как расположенные на такой же высоте три параллельных провода при расстоянии между ними 2 mm были поражены 19-ю разрядами из общего числа их 1500 ($\sigma = 0,0126$). Для случая

$\frac{h_0}{h} = 0,85$ и $\frac{a}{h} = 9,1$ получена соответственно вероятность поражения стержня менее $\sigma = 0,005$, трех параллельных проводов — $\sigma = 0,0074$.

Однако приведенные на рис. 1 и 2 зависимости можно приближенно применять и к случаю защиты стержня и к защите нескольких проводов, так как кривые построены с некоторым уклоном в сторону больших значений вероятностей поражения, чем то имело место при многочисленных испытаниях.

Ясно, что для защиты плоских возвышающихся объектов необходимо применять значение k для $h_0=0$.

Представленные на рис. 2 зависимости коэффициента защиты плоскости и возвышающегося стержня (или провода) двумя заземленными тросами можно выразить расчетным соотношением:

$$k = \frac{a}{h - h_0} = \frac{a}{1 - \beta \frac{h_0}{h}}.$$

Значения a и β в формуле для различных вероятностей поражения даны в табличке:

σ	a	β
0,0001	2,7	0,7
0,0005	3,3	0,67
0,001	3,5	0,65
0,005	4,2	0,56
0,02	4,5	0,53

Формула хорошо соответствует экспериментам для отношений $\frac{h_0}{h} = 0 - 0,85$. Вероятность поражения при любой абсолютной влажности воздуха (γ mm ртутного столба) можно выразить аналитически. Например, защищенность плос-

кости двумя заземленными тросами характеризуется и ностью поражения в функции от $(\frac{a}{h})$:

$$\sigma = e^{-\frac{5,8 \cdot 10^3}{\gamma^{0,27} \cdot e^{1,68} (\frac{a}{h})^{0,65}}}.$$

Коэффициенты защиты, конечно, несколько могут отличаться при применении их к реальным условиям, так как они получены на моделях и при величине $\frac{H}{h} = 10$, но это значение относится вообще ко всем коэффициентам защиты, определенным для того или другого значения $\frac{H}{h}$ в лабораторных условиях. Анализ защитных свойств реально выполненных систем молниевыводов позволит точно установить соответствие между данными лабораторных опытов и практикой.

Литература

- А. А. Акопян, Исследование защитного действия молниевыводов на моделях, «Электричество» № 9—10, 1937.
- А. П. Беляков и Б. Ханов, Избирательная пороговая способность молний и моделирование, «Электричество» № 22, 1937.
- А. А. Акопян, Защитное действие одиночного стержня вблизи молниевыводов, «Электричество» № 24, 1937.
- Л. И. Иванов и С. Зайенц, Защитное действие земленых стержней и горизонтально подвешенных тросов при прямых ударах молний, «Электричество» № 19, 1933.
- А. А. Акопян, Защитное действие двойного и многократного стержневых молниевыводов, «Электричество» № 1938.
- А. А. Акопян, Исследования на модели защитного действия тросовых или антенных молниевыводов, «Электрические станции» № 6, 1938.
- А. А. Акопян и А. П. Беляков, Упрощенная грозозащита промышленных и других сооружений, «Вестник электропромышленности» № 10, 1938.

Б. П. АПАРОВ. Московский энергетический институт им. Молотова. К расчету нагрева электродвигателей при повторно-кратковременной работе.

Расчеты нагрева электродвигателей особенно сложны при повторно-кратковременной работе с заданным числом пусков в час.

Для выяснения более простых зависимостей автором статьи в лаборатории МЭИ исследовался повторно-кратковременный режим работы асинхронного двигателя при различном числе пусков в час.

Была также поставлена задача разделить результатирующую нагрев и исследовать величину нагрева двигателя только от одних пусков.

На опытной установке с асинхронным двигателем МА-20 15,8 kW, 220 → 380 V, 57,7 → 31 A, $n = 1500$ об/мин был проведен ряд опытов повторно-кратковременного режима работы при различном числе пусков в час.

Для выяснения влияния нагрева двигателя только от пусков опыты производились на особой схеме, с помощью которой исследуемый двигатель пускался в ход со стороны и потом нагружался на прежний режим повторно-кратковременного графика работы. На рис. 1 приведены кривы

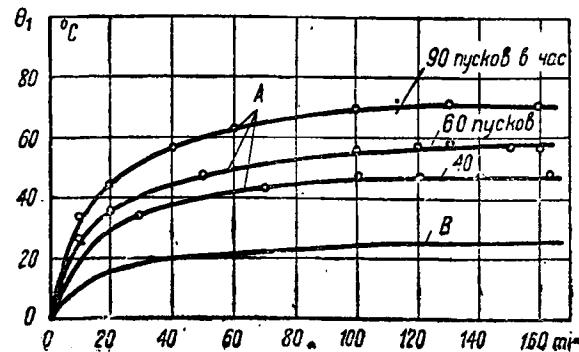


Рис. 1

шева данного асинхронного двигателя при повторно-кратковременном режиме работы по графику $ED = 40\% = \text{const}$, $U_1 = 400 \text{ V}$, $I_1 = 25 \text{ A}$ при 90, 60, 40 пусках в час (кривые A), а также при испытании с помощью описанной нами для тех же режимов, но без пусков и пусковых потерь (кривая B).

Из рассмотрения кривых рис. 1 мы видим, что все точки при $ED = 40\%$ без пусковых потерь, как и следовало ожидать, легли приблизительно на одной кривой (кривая B). Совместное изучение кривых A при 90, 60, 40 пусках $ED = 40\% = \text{const}$ и сравнение их с кривой B показывают, что дополнительный нагрев только за счет пусков пропорционален числу пусков.

Произведенное исследование позволяет сделать следующее заключение.

Пусковые потери пропорциональны числу пусков.

При расчете нагрева двигателя при повторно-кратковременном режиме работы с заданным числом пусков среднегреющие потери цикла можно считать по формуле

$$P = P_{cp} + \frac{P_{пуск} t_{пуск}}{t_u};$$

где P_{cp} — средние потери рабочего цикла, определяющиеся методом электропривода по различным формулам; $P_{пуск}$ — пусковые потери; $t_{пуск}$ — время пуска двигателя; t_u — время рабочего цикла.

Л. П. КУНИЦКИЙ. Московский механико-машиностроительный институт им. Бауцана. Построение диаграмм момента и скорости двигателей кривошипных механизмов¹.

Построение кривых зависимости момента M и числа оборотов n двигателя от времени t для кривошипных механизмов с переменными маховыми GD^2 и статическим моментом M_s при помощи известных формул (принимая для GD^2 единичные значения для участка) может привести к значительным ошибкам. Это связано с тем, что формулы не учитывают динамический момент, вызванный изменением махового момента в пределах участка. Если даже отвлечься от этого способа построения кривых нужно признать маловероятным, так как построение выполнимо только путем последовательного подбора.

Предлагаемый нами метод учитывает динамический момент вследствие изменения махового момента в пределах участка, устраняет необходимость в последовательном подборе.

Как живая сила $A = \frac{GD^2 n^2}{72 \cdot 10}$ является функцией двух переменных n и GD^2 , то динамический момент

$$M_d = \frac{30}{\pi n} \frac{dA}{dt} = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt} + \frac{n}{750} \frac{d(GD^2)}{dt}. \quad (1)$$

Определяя dt и переходя к конечным значениям, имеем

$$\Delta t = \frac{GD^2 \cdot \Delta n}{375 (M \mp M_s)} + \frac{n \Delta (GD^2)}{750 (M \mp M_s)}. \quad (2)$$

Плюс относится к разгону, минус — к торможению. Второй член правой части учитывает изменение GD^2 в пределах участка.

Рисуем кривые $M_s = \psi(\alpha)$ и $(GD^2) = \psi_1(\alpha)$ на ряд эпюков (рис. 1). Характеристики двигателей могут быть линиями либо прямыми либо рядом отрезков прямых (для трехного компаундного двигателя), рис. 2. Средние значения числа оборотов

$$n_{cp} = \frac{2n_1 \pm \Delta n}{2}$$

и момента

$$M_{cp} = M_1 \mp \frac{\Delta n}{2} \operatorname{tg} \varphi. \quad (3)$$

Как угол $\Delta \alpha$ поворота кривошипа в градусах за

$$\Delta t = \frac{6n_{cp} \Delta t}{i} = \frac{6n_1 \Delta t \pm 3\Delta n \cdot \Delta t}{i} \quad (4)$$

— продолжительность включения двигателя при повторно-кратковременной работе.

Доклада, сделанного автором на I Всесоюзном совещании по электрооборудованию металлургических заводов,

Вологодская областная научно-исследовательская библиотека

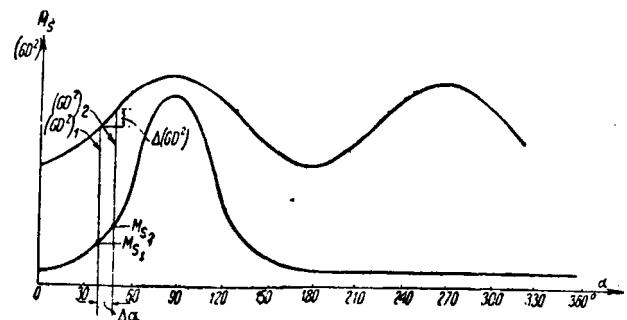


Рис. 1

(i — передаточное число), то, принимая в равенстве (2)

$$n = n_{cp} \text{ и } M = M_{cp},$$

получим:

$$\begin{aligned} & [4GD^2 + \Delta(GD^2)] \Delta n^2 + [\pm 250 \Delta \alpha \cdot i \operatorname{tg} \varphi + \\ & + 8n_1 GD^2 \pm 4n_1 \Delta(GD^2)] \Delta n - 500 \Delta \alpha i (M_1 \mp M_s) + \\ & + 4n_1^2 \Delta(GD^2) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Отсюда можно было бы найти Δn , но выражение для Δn сложно и неприемлемо для практики. В первом приближении можем в (4) пренебречь величиной второго порядка $3\Delta n \cdot \Delta t$ по сравнению с $6n_1 \cdot \Delta t$, т. е. считать

$$\Delta \alpha = \frac{6n_1 \Delta t}{i}. \quad (6)$$

Относительная погрешность при этом:

$$\delta = \frac{\pm 3\Delta n}{6n_1 \pm 3\Delta n} = \frac{\pm 1}{2n_1 \pm 1},$$

поэтому при уменьшении n_1 приходится пере-

ходить к более мелким участкам $\Delta \alpha$ так, чтобы $\frac{2n_1}{\Delta n}$ оставалось примерно постоянным. Из (2), (3) и (6) получим, принимая $n = n_{cp} = n_1$:

$$\Delta n = \frac{250 \Delta \alpha \cdot i (M_1 \mp M_s) - 2n_1^2 \Delta(GD^2)}{4n_1 \cdot GD^3 \pm 125 \Delta \alpha i \operatorname{tg} \varphi}. \quad (7)$$

По этому уравнению, задаваясь рядом значений $\Delta \alpha$ и определяя для этих участков углы величины $\Delta(GD^2)$ и средние значения GD^2 и M_s , а также зная M_1 и n_1 в начале участка, можем найти Δn для каждого участка, а затем

$$n_2 = n_1 \pm \Delta n \text{ и } M_2.$$

Для серийных и компаундных двигателей практически нет необходимости во вторичном проверочном определении $\Delta \alpha$, соответствующего найденному Δn . Найденные величины n_2 , M_2 , t_2 и α_2 являются начальными для следующего участка.

При кратких характеристиках, т. е. малых φ , а также и при пологих характеристиках, но сравнительно малых участках, можно считать

$$M_{cp} = M_1,$$

тогда

$$\Delta n = \frac{125 \Delta \alpha i (M_1 \mp M_s) - n_1^2 \Delta(GD^2)}{2n_1 \cdot GD^3}. \quad (8)$$

В этом случае при расчете пользуемся только известными начальными значениями M_1 и n_1 .

Уравнения (7) и (8) можно получить и непосредственно из уравнения живых сил $(M \mp M_s) \frac{i \alpha \pi}{180} = \frac{GD^2 n^2}{7.00}$, если продифференцировать его по переменным GD^2 и n :

$$\frac{GD^2 \cdot 2n dn}{125} + \frac{n^2 d(GD^2)}{125}.$$

Для механизмов с незначительным изменением GD^2 в зависимости от α можно в формулах (7) и (8) положить

$$\Delta(GD^2) = 0.$$

Вышеприведенные формулы могут быть применены к любым пусковым, рабочим и тормозным характеристикам любых двигателей при различных значениях сопротивлений реостата. Эти формулы пригодны для механизмов с пуском при каждой операции и с непрерывным вращением двигателя. Формулы (7) и (8) для первого участка ($n_1 = 0$) не применимы. В этом случае приходится прибегать к уравнению (5), полагая $n_1 = 0$, благодаря чему уравнение сильно упрощается. Чтобы избежать последовательного подбора точек кривых, в которых производится выключение ступеней сопротивлений, можно по строящейся одновременно кривой $\alpha = f(t)$ найти угол α , соответствующий выдержке реле ускорения. Для определения точки начала торможения строим кривую $n = \varphi(\alpha)$ для разгона и торможения, причем построение кривой для торможения ведем, начиная от угла α_k , соответствующего конечному положению кривошипа, т. е. на встречу кривой разгона. Точка пересечения этих двух кривых определяет угол α , при котором должно начаться торможение.

Недостатком рассмотренного метода являются относительно большие неточности при небольших n и использовании крупными участками. В этих случаях надо выбирать либо мелкие участки либо пользоваться методом последовательного подбора, определяя Δt по формуле (2).

При системе Леонарда, а также при регулировании скорости током возбуждения расчет производится следующим образом.

Момент двигателя

$$M = k\Phi \frac{e_2 - e}{R_a}, \quad (9)$$

где e_2 — э. д. с. генератора, $e = c\Phi n$ и Φ — э. д. с. и поток двигателя, R_a — сопротивление цепи якоря двигателя и генератора. Из (8) и (9) имеем:

$$\Delta n = \frac{125\Delta z l \left(k\Phi_1 \cdot \frac{e_{21} - c\Phi_1 n_1}{R_a} + M_s \right) - n_1^2 \Delta(GD^2)}{2n_1 \cdot GD^2}, \quad (10)$$

кривые $e_2 = \psi(t)$ и $\Phi = \Phi_1(t)$ предполагаются известными. Задаемся рядом значений Δt , по которым находим M_s , GD^2 и ΔGD^2 . Зная e_{21} , Φ_1 и n_1 в начале первого участка, находим по (10) Δn , а затем n_2 , $t_2 = t_1 + \Delta t$ (где $\Delta t = \frac{\Delta a l}{6n_1}$), e_{22} и Φ_2 .

В частном случае c_2 или Φ может быть постоянным.

Учитывая индуктивность L_a якоря двигателя и генератора, имеем

$$e_2 = e + i_a R_a + L_a \frac{di_a}{dt},$$

где i_a — ток якоря.

Переходя к конечным приращениям, получим:

$$\Delta i_a = \frac{e_2 - c\Phi n - i_a R_a}{L_a} \Delta t. \quad (11)$$

Зная i_{a1} , e_{21} , Φ_1 , n_1 при $t_1 = 0$ и подставляя их в формулу (11), находим Δi_a , если задаться Δt . Для времени

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

находим e_{22} и Φ_2 , затем

$$M_2 = k\Phi_2 i_{a2}.$$

Найдя

$$\Delta t = \frac{\Delta t \cdot 6n_1}{i},$$

можем определить Δn по формуле (8), причем

$$M_1 = k\Phi_1 i_{a1}.$$

Следует заметить, что при указанном методе расчета не представляется затруднений учесть насыщение машины и реакцию якоря.

А. С. КАНТЕР. Всероссийский электротехнический институт. Диаграмма тока к. з. в машинах с возбуждением постоянными магнитами.

В машинах с возбуждением постоянными магнитами возможны следующие два случая к. з.

Постоянные магниты намагничаются полностью. Получающийся ток к. з. размагничивает постоянные магниты в той

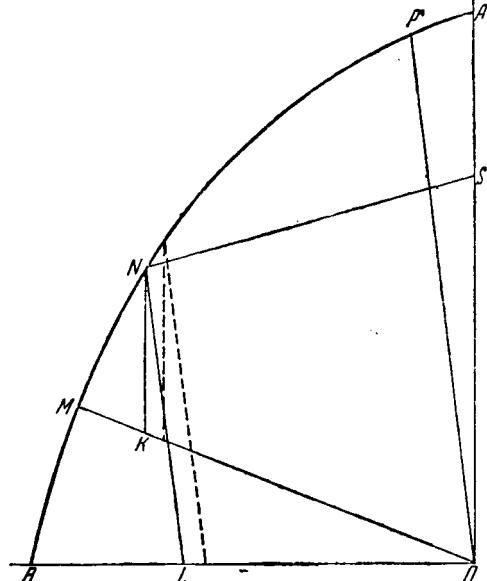


Рис. 1

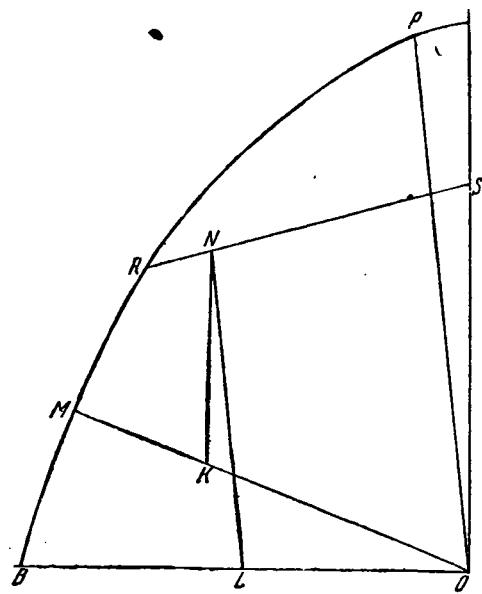


Рис. 2

или иной степени. Этот случай разобран на диаграмме 1.

Постоянные магниты машины размагнитены в большей степени, чем их размагнитил бы ток к. з. Подобный случай разобран на диаграмме рис. 2.

Построение диаграммы проводим следующим образом.

По кривой размагничивания применяемой стали строим для данной машины магнитную характеристику всей машины $\Phi = f(AW)$. Для построения этой характеристики определяются для разных точек кривой размагничивания a , b , c и d индукцию B_a , B_b , B_c , B_d и т. д. и напряженность поля H_a , H_b , H_c , H_d и т. д., развиваемые постоянным магнитом во внешнем пространстве. Умножая значения индукции на сечение магнита, получаем магнитные потоки Φ_a , Φ_b , Φ_c и т. д. Ампервитки, развиваемые постоянным магнитом в внешнем пространстве, получаются перемножением напряженности поля при соответствующих потоках на длину магнита l и на 0,8.

На магнитную характеристику наносят полученную на основании подсчетов или опытных данных линию рассеяния в магнитах — прямую OM .

Задаемся далее произвольно выбранным значением тока к. з. и определяем для этого тока напряжение к. з.

По напряжению к. з. U_k находим соответствующий магнитный поток:

$$\Phi_k = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 f_w f w}.$$

Полученное значение магнитного потока Φ_k откладываем на диаграмме ог линии рассеяния OM до кривой суммарного магнитного потока (кривой AB). На диаграмме (рис. 1 и 2) магнитный поток Φ_k при к. з. соответствует линии KN . Проводим затем из точки N линию NL , параллельную линии OP — прямолинейной части характеристики холостого хода машины [2].

Полученный на оси абсцисс отрезок OL соответствует первичкам продольной составляющей реакции якоря при принятом нами значении тока к. з.

Подсчитываем затем ампервитки продольной составляющей реакции якоря при принятом нами значении тока к. з. случае несоответствия полученных по расчету и из диаграммы значений ампервитков продольной составляющей проходим вторичное построение, задаваясь другим значением тока к. з. Такое повторное построение выполнено на рис. 1 пунктиром).

Полученные диаграммы дают возможность вывести следующее заключение. Для предупреждения чрезмерного размагничивания постоянных магнитов от продольной составляющей реакции якоря при к. з. следует выполнять машины с определенным индуктивным сопротивлением и с определенной величиной воздушного зазора. При уменьшении импеданца или воздушного зазора машины увеличивается размагничивающее действие продольной составляющей реакции якоря. В пределе — при импедансе, равном нулю, точка N совпадает с точкой M и при данном потоке рассеяния имеем максимальное размагничивание постоянных магнитов.

В приведенных выше диаграммах принят установившийся ток к. з. В действительности максимальное размагничивание происходит при неустановившемся токе, при максимальной амплитуде.

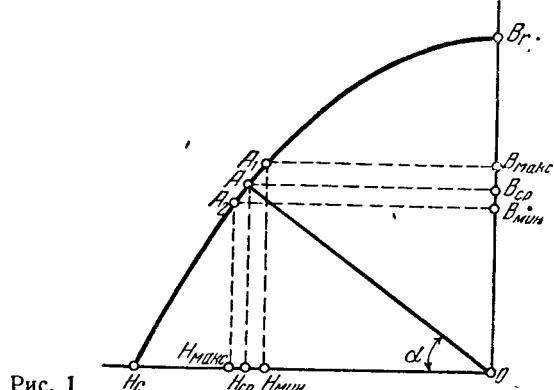
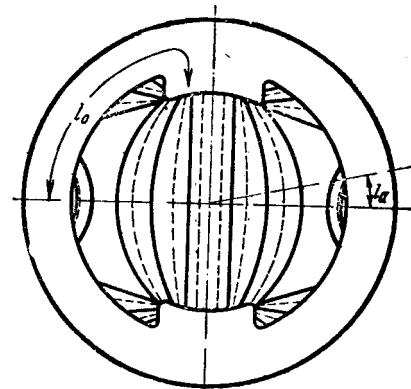


Рис. 1

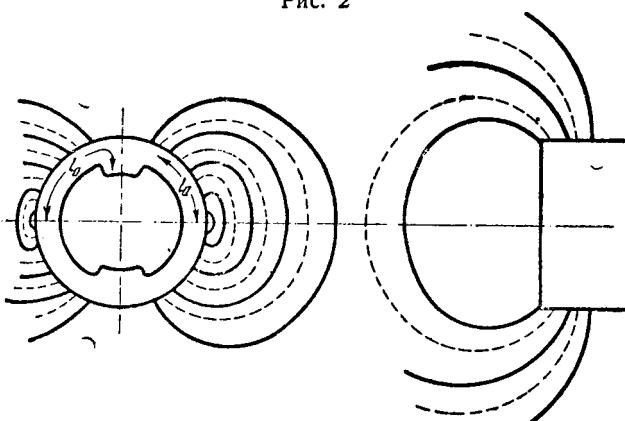


$$g'_1 = g_1 \frac{l_a}{l_o}; \quad g'_2 = g_2 \frac{l_b}{l_o} \dots \quad g_1 = \frac{s_1}{l_1}; \quad g_2 = \frac{s_2}{l_2} \dots$$

$$\sum g' = g'_1 + g'_2 \dots \quad \sum g = g_1 + g_2 + \dots$$

$$G = L_m \cdot \sum g' \quad G = L_m : \sum g$$

Рис. 2



$$g_1 = \frac{s_1}{l_1}; \quad g_2 = \frac{s_2}{l_2} \dots \quad G = \sum g' \cdot L_m$$

$$g'_1 = g_1; \quad \frac{l_a}{l_o} : g'_2 = g_2 \frac{l_b}{l_o}$$

Рис. 3

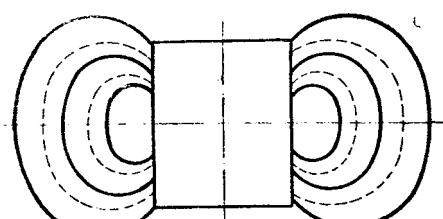


Рис. 4

С. А. ПОГОЖЕВ. Ярославский электромашиностроительный завод. Расчет постоянных магнитов кольцеобразной формы.

В практике расчета магнита с постоянным по своей длине сечением применяется метод Эвершед-Пику, основанный на определении тангенса угла α (рис. 1):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Sigma G}{F l},$$

ΣG — сумма магнитных проводимостей всей внешней части, включая и проводимости потоков рассеяния, F и l — значение и длина магнита.

Величина $\operatorname{tg} \alpha$ будет характерна для средней величины магнитной индукции B .

Расчет методом Эвершеда-Пику (методом отношений) приводит к необходимости вычисления магнитных проводимостей полезного потока, проходящего через воздушный зазор, и проводимостей потоков рассеяния. Ошибки расчета изымаются с точностью вычисления магнитных проводимостей.

При кольцевой форме двухполюсного магнита (рис. 2) следует, очевидно, разбить все проводимости на три части. проводимость внутренняя (рис. 2), которая при вставленном магните сердечнике состоит из проводимости воздушного зазора и проводимости линий рассеяния в пространстве между полюсными башмаками (пренебрегая магнитным сопротивлением вставленного железа якоря). Проводимость наружной поверхности магнита (рис. 3) — это проводимость, состоящая из проводимостей, соответствующих потокам рассеяния поперечного и продольного сечений магнита. проводимость торцевых поверхностей магнита, (поток рассеяния для этой проводимости показан на рис. 4). Определение проводимости потока между внутренними поверхностями магнита в разобранном состоянии (магнита без

Конечно, учитывая соответствующие изменения положения точки M на кривой потока при различных значениях тока к. з.

вставленного в него якоря) можно произвести, построив картину поля (рис. 2).

На эскиз наносят силовые магнитные линии и, пользуясь правилом Леманна-Рихтера, определяют сумму проводимостей магнитных силовых трубок.

Удельные проводимости отдельных трубок равны:

$$g_1 = \frac{s_1}{l_1}, \quad g_2 = \frac{s_2}{l_2}, \quad g_3 = \frac{s_3}{l_3} \text{ и т. д.,}$$

где s_i — ширина трубки и l_i — длина ее.

Полная проводимость:

$$G = \sum g_i L_m,$$

где L_m — длина магнита в осевом направлении.

Картины поля можно нанести при помощи магнита, уложенного на бумажный экран и осыпанного железными опилками. Имея несколько магнитов и пользуясь подобием, можно строить картину поля рассчитываемого образца. Некоторые ошибки, связанные с недостаточно правильным вычерчиванием силовых линий, не приведут к большим погрешностям при подсчете суммарной проводимости.

Если силовые трубы нельзя отнести к действию полной м. д. с. (т. е. к полюсам магнита), следует производить приведение вычисленных удельных проводимостей. Приведенная проводимость определится из соотношения (рис. 2):

$$g'_1 = g_1 \frac{l_a}{l_o},$$

Суммарная приведенная проводимость:

$$G' = \sum g'_i L_m = (g'_1 + g'_2 + g'_3 + \dots) L_m.$$

Проводимость парной поверхности магнита (рис. 3), как указывалось выше, должна быть отнесена к двум потокам рассеяния.

При определении проводимости первого из двух потоков, характеризуемого силовыми линиями в плоскости поперечного разреза магнита, можно поступить аналогично тому, как при определении проводимости потока между внутренними поверхностями магнита в разобранном состоянии.

Несколько иначе приходится определять проводимость рассеяния в плоскости продольного разреза магнита. Нанеся силовые линии в эскизе магнита (рис. 3), можно определить удельные проводимости силовых трубок из отношения:

$$g_1 = \frac{s_1}{l_1}; \quad g_2 = \frac{s_2}{l_2}, \quad g_3 = \frac{s_3}{l_3} \text{ и т. д.}$$

Но при этом мы заранее должны знать, в какой плоскости и одольного сечения магнита взяты были рассматриваемые нами трубы. Если, например, картина поля представлена для сечения AB (рис. 5), значение проводимости следует приводить, умножая вычисленные проводимости на отношение $\frac{l_a}{l_o}$. Очевидно, при достаточном количестве сечений

сумма проводимостей определяется с допустимой для практических вычислений точностью.

Описанный способ, естественно, позволяет найти также приведенную проводимость торцевых поверхностей.

Пику предлагает производить расчет подковообразных магнитов путем спрямления дуги магнита. Спрямление позволяет пользоваться для расчета аналитическими выражениями (формулы Форбса, Эвершеда, Финниса, Кремпа и Колдервуда).

Изменяющуюся м. д. с. от нейтрального сечения концам магнита Пику предлагает учитывать коэффициентом 0,5.

Сравним метод Пику с приведенным выше способом построения картины поля. С этой целью разрежем магнит линии CC' (рис. 5) и определим все проводимости, за исключением проводимости, относящейся к плоскости разреза. Для взятого нами случая удвоенная проводимость, подсчитанная методом Пику, при коэффициенте 0,5 была 11,2 см. Метод построения картины поля дал величину, равную 16 см. Столь заметная разница (45%) дает основание предположить, что метод Пику не может, очевидно, дать удовлетворительных результатов для круглых форм магнитов. Он, очевидно, применим лишь в случаях подковообразных магнитов, имеющих в сравнении с другой сильно выраженные ножки.

Кропотливость расчета проводимостей методом построения картины поля заставляет искать для целей практики более простых соотношений.

Остановимся на определении проводимостей торцевых поверхностей магнита.

Для магнита, имеющего отношение внутреннего радиуса к внешнему R , равное 0,715 (рис. 6), путем построения картины поля была определена полная приведенная проводимость 9,5 см. Другой расчет той же проводимости был основан на пользовании кривыми, данными Кремпом и Колдервудом применительно к рассеянию с параллельных поверхностей, находящихся в одной плоскости (рис. 7). При этом магнит может быть мысленно расчленен на чистое кольцо и полюсные башмаки.

Кольцо магнита было разделено на ряд элементарных участков (рис. 5) и для каждого участка было найдено отношение $m = \frac{D}{\delta}$. Сумма проводимостей кольца, приведенных к полной м. д. с., составила 5,75 см (на два торца). Отдельно была подсчитана проводимость полюсных башмаков (4,45 см) на два торца, пользуясь теми же данными Кремпа и Колдервуда. Расчет был отнесен к среднему расстоянию между полюсами.

Суммарная проводимость, равная 9,2 см, отклонялась от проводимости, подсчитанной по картине поля, всего лишь на 3,5%.

Полюсные наконечники в круглых магнитах имеют различную форму, а кольцо магнита может иметь разное отношение $\frac{r}{R}$. Нами были рассчитаны, пользуясь методом Кремпа и Колдервуда, проводимости колец 2-полюсного исполнения с отношениями $\frac{r}{R}$, изменяющимися в пределах от 0,6 до 0,9. Результаты расчета представлены на рис. 8.

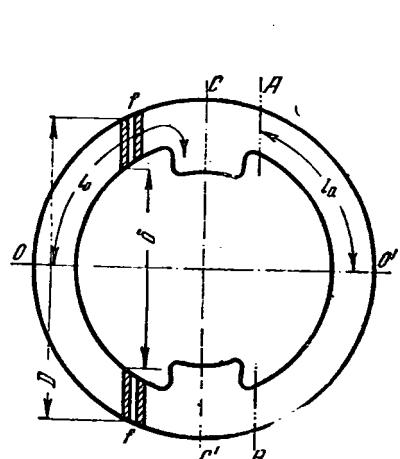
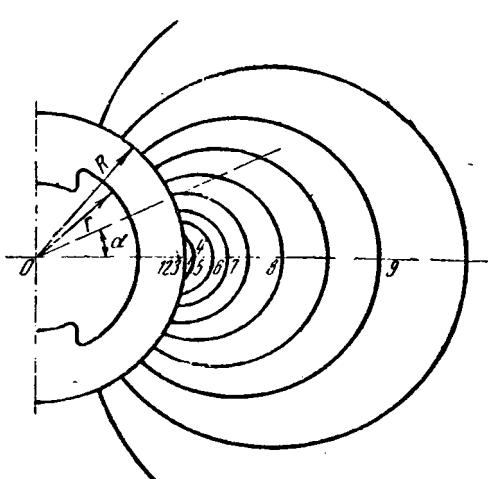


Рис. 5



Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

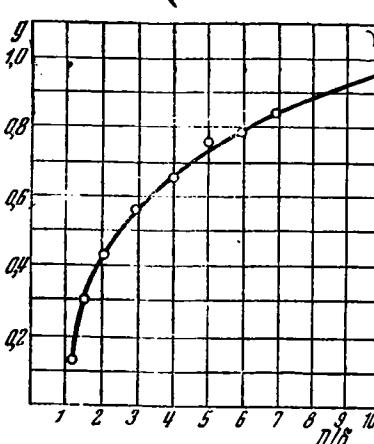


Рис. 8

по оси абсцисс от-
кены значения $\frac{r}{R}$, а
оси ординат — приве-
денные проводимости (на
один торец). Приведе-
ние было сделано для
и. д. с., соответствую-
щей одной четверти дли-
ны дуги окружности
среднего радиуса кольца.

Таким образом задача сильно упрощается при использовании этими вычислениями. Приходит- ся определять лишь торцевую проводимость по-госных наконечников икладывать ее с проводимостью кольца

Следующая работа, проведенная для определения проводимости наружной поверхности в плоскости поперечного разреза магнита, была основана на снятии картины поля с помощью железных опилок и подборе соответствующих силовым линиям окружностей, центры которых расположены на нейтрали (рис. 6). С этой целью были взяты девять отечек, соответствующие значениям синусов угла от 0,1 до 0,9. Центры радиусов для силовых линий были найдены

зависимости от внешнего радиуса R (при $\frac{r}{R} = 0,69$ и $\frac{r}{R} = 0,715$) и даны в табличке рис. 9. По построенным силовым

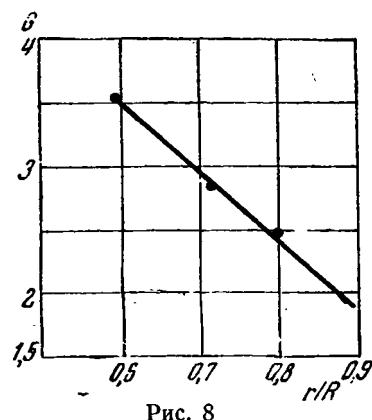


Рис. 8

А. А. ИВАНОВ. *Москва. Реакция якоря в машинах постоянного тока с постоянными магнитами.*

В машинах постоянного тока с постоянными магнитами из сплава Fe — Ni — Al без полюсных наконечников из мягкого железа достаточной толщины поток поперечной реакции якоря практически меньше, чем у идентичных машин с электромагнитами.

Естественно, что в этом случае следует ожидать меньшее искажение поля магнитов, меньшую высоту фронта кривой индукции (B_{\max}) в воздушном зазоре (рис. 2) и смещения поля при нагрузке. Это должно благоприятным образом скаться на коммутации машины и, кроме того, может повлиять на снижение общего веса и габаритов машины.

Поперечная реакция якоря. Как известно, ампервитки поперечной реакции якоря на одну магнитную цепь

$$AW_d = (\tau - 2b_c) AS.$$

Эти ампервитки должны привести поток поперечной реакции якоря через воздушный зазор $\delta' = k\delta$, тело магнита в его поперечном направлении, зубцовый слой и тело якоря. На рис. I схематически изображен этот путь для некоторой силовой линии a , симметричной оси магнитов.

силовой линий a , симметричной оси магнитов. Проводимость материала магнитов из сплава Fe — Ni — Al при индукции 400—500 Г меньше в 6—8 раз большее проводимости воздуха, т. е. во много раз меньше проводимости железного сердечника электромагнита. Чтобы привести данную машину к нормальной, из общих ампервитков поперечной реакции якоря AW_q следует исключить ампервитки AW_{q8} , идущие на проведение потока реакции якоря в поперечном направлении магнита, а затем считать сопротивление этого участка магнитопровода равным нулю.

Разность ампервитков $AW_q - AW_{qd_1}$ дает приведенные ампервитки поперечной реакции якоря

$$AW'_a = AW_a - AW_{as}.$$

Ампервитки $AW_{\text{ак}}$ можно найти следующим образом.

Заменим длину пути данной силовой трубы a по магниту в его поперечном направлении l эквивалентным воздушным промежутком $\delta = \frac{l}{\mu}$, где μ — проводимость материала магнита.

Суммарный промежуток

$$\delta_2 = 2\delta' + \delta_1.$$

Зная из расчетной характеристики холостого хода процент, который составляют ампервитки зубцов AW_2 от ампервитков на один полюс, мы можем ампервитки AW_q разделить в том же отношении на зубцовые

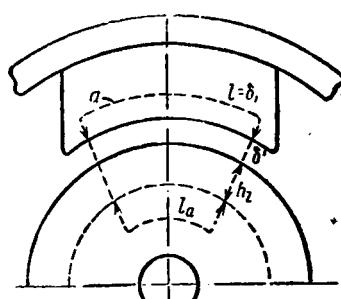


Рис. 1

Точка	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$f(R)$	2,46	1,61	1,35	1,22	1,08	0,965	0,93	0,895	0,86

Рис. 9

шнам определялись удельные проводимости трубок (рис. 9). Сумма всех приведенных удельных проводимостей дала цифру 0,5 (на весь магнит). Допустимо предположить, что при других отношениях $\frac{r}{R}$, изменяющихся в практических случаях от 0,65 до 0,8, суммарное значение приведенной удельной проводимости рассматриваемого потока рассеяния будет сильно отличаться от вычисленного нами значения 0,5. Основанием к этому служит следующий проведеный нами опыт. У магнита, изображенного на рис. 5, т. е. имеющего полюсные наконечники, при помощи железных блоков была найдена картина поля, почти полностью совпадающая с картиной поля наружной поверхности такого же магнита из соединенных бакелитовых бахромами.

заключение следует указать, что опытная проверка об-
ласти, рассчитанного по методу построения картины поля,
показала хорошие результаты.

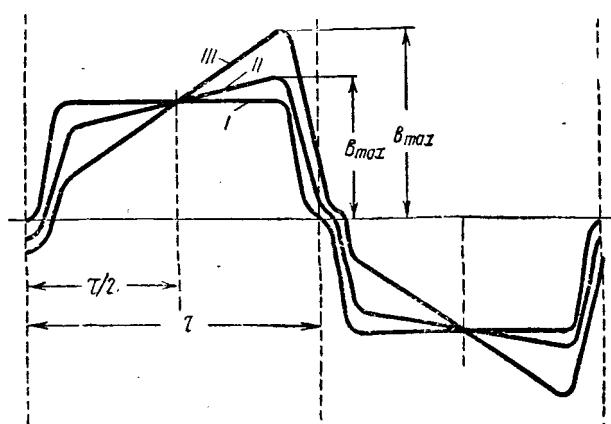


Рис. 2.

I — поле при холостом ходе; *II* — поле машины с постоянными магнитами при нагрузке; *III* — поле идеальной машины с электромагнитами при нагрузке.

AW_{qz} и ампервитки суммарного воздушного промежутка $AW_{q\delta_2}$.

Далее можно написать для отдельной элементарной трубы:

$$\frac{aw_{q\delta_1}}{\delta_1} = \frac{aw_{q\delta_2}}{\delta_2} \text{ и } aw_{q\delta} = \frac{\delta_1}{\delta_2} aw_{q\delta_2}.$$

Подставляя это значение в уравнение (2), получим

$$aw'_q = aw_q - \frac{\delta_1}{\delta_2} \cdot aw_{q\delta_2}.$$

Вычертив картину поля для потока поперечной реакции якоря и просуммировав результаты подсчетов для всех трубок поля, получим окончательно:

$$AW'_q = AW_q - \frac{\delta_1}{\delta_2} AW_{q\delta_2}.$$

Из последнего равенства видно, что чем больше ширина магнита и соответственно путь силовой трубы по магниту, тем меньшими оказываются приведенные ампервитки поперечной реакции якоря, а следовательно, меньше поток ее и искажение поля машины при нагрузке.

Пользуясь методом Штейнметца, построим кривую результирующего поля машины при нагрузке (рис. 2). Следует только помнить, что в его уравнении

$$B_x = \frac{2xAS}{1,6-\delta},$$

под δ теперь имеется в виду не только путь по действительному зазору, но еще половина пути по эквивалентному зазору, т. е. $\delta = 0,5\delta_2 = \delta' + 0,5\delta_1$.

δ' , и находятся графически построением картины силовых трубок в действительном зазоре и в поперечном направлении магнита.

Как видно из рис. 2, кривая поля при нагрузке для машины с постоянными магнитами без полюсных наконечников лежит ближе к кривой поля при холостом ходе, и высота ее фронта B_{max} меньше, чем у идентичной нормальной машины.

Очевидно, что с этой точки зрения может идти речь об увеличении коэффициента перекрытия a_1 и магнитной нагрузженности якоря.

Смещение поля при нагрузке. Характеристика холостого хода машины постоянного тока с постоянными магнитами $E_z = f(aw_{1\text{пол}})$ не учитывает внутренней м. д. с., — расчет ведется только для части цепи, внешней по отношению к постоянному магниту. Таким образом для определения смещения нейтральной зоны следует считаться только с магнитными сопротивлениями воздушного зазора и зубцов. Сопротивлением тела якоря и ярма, как и обычно, можно пренебречь. На рис. 3 построена кривая зависимости э. д. с. генератора E_2 от ампервитков воздушного зазора и зубцов (переходная характеристика), приходящихся на один полюс $E_2 = f(aw_g + aw_z)$.

Определение смещения поля ведется обычным путем, но отрезки CB и BD соответствуют приведенным ампервиткам реакции якоря AW'_q , т. е. число ампервитков под одним краем полюса равно $OA + 0,5AW'_q$, а под другим краем $OA - 0,5AW'_q$. Смещение поля получается пропорциональным ампервиткам AW_p . В левом квадранте рис. 3 построена кривая поля $C'B'D'$, соответствующая отрезку кривой характеристики холостого хода CBD правого квадранта, причем проекция ее на ось абсцисс соответствует полюсной дуге b_p . Построение ясно из рисунка. На том же рис. 3 для сравнения сделано аналогичное построение для идентичной машины с электромагнитами. Как видно, в последнем случае смещение поля при нагрузке и искажение его получается большим.

Величина AW_p является ампервитками продольной слагающей поперечной реакции якоря.

При наличии сдвига щеток с геометрической нейтрали проявляется действие продольной реакции якоря (AW_p) и тогда полные размагничивающие ампервитки реакции якоря

$$AW_r = AW_g + AW_p.$$

Ампервитки AW_p следует принимать при определении размеров постоянных магнитов для возбуждения постоянного тока с учетом влияния реакции якоря¹.

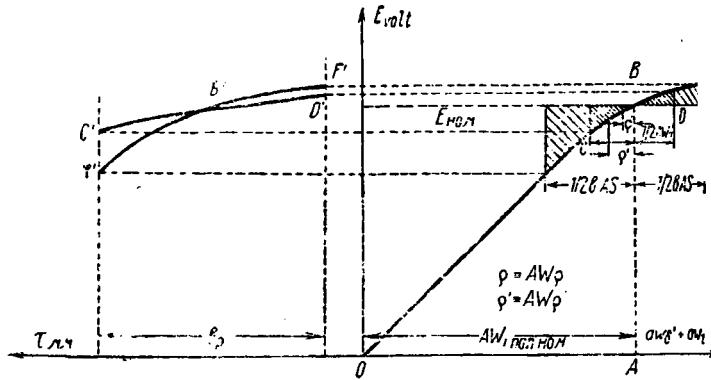


Рис. 3

Таким образом в машине постоянного тока с постоянными магнитами искажение поля при нагрузке и размагничивающие ампервитки реакции якоря оказываются меньшими, весьма выгодно можно использовать для снижения общего веса и габаритов машины. Последнее обстоятельство особенно важно в авиационном электрооборудовании.

Литература

1. К. И. Шенфер, Динамомашины и двигатели постоянного тока.
2. М. Лившиц, Электрические машины, т. III.
3. Р. Рихтер, Электрические машины, т. I.
4. А. С. Кантар, Постоянные магниты.

Е. К. ЗАВАДОВСКАЯ. Сибирский физико-технический институт. Разогрев трансформатора с охлаждением маслом.

На страницах журнала «Электричество» в 1938 и в 1939 в статьях инж. Л. М. Шницера, инж. Ю. В. Корицкого, М. Тихомирова и др., было удалено много внимания и просам использования полной мощности трансформаторов возможности их перегрузок. Рассматривался вопрос о влиянии нагрева трансформатора при различных нагрузках срока его службы.

Также следует осветить случай включения охлажденного трансформатора под нагрузку, что иногда имеет место эксплуатации открытых подстанций. Включение трансформатора с застывшим маслом может представить опасность, как измерения, проведенные в высоковольтной лаборатории СФТИ под руководством доц. А. А. Воробьева, показали, вязкость трансформаторных масел отечественного производства сильно зависит от температуры. В частности, в интервале температур $(30 \pm 50^\circ)$ (температура воздуха зимой в районах Кузбасса) вязкость масел может изменяться очень резко.

Вследствие высокого значения вязкости масла при низкой температуре при включении охлажденного трансформатора под нагрузку возникает опасность перегрева обмотки, как конвекция в загустевшем масле затруднена, отвод тепла маслом за счет его теплопроводности может быть недостаточен.

Для решения вопроса о перегрузке трансформатора, включенного в охлажденном состоянии, был произведен ряд вариативных опытов по исследованию разогрева током охлажденной в масле катушки и охлажденного до минус маломощного трансформатора.

Опыты с катушкой были не совсем показательны, так как условия отвода тепла в этом случае несколько отличаются, которые имеют место в трансформаторе.

С трансформатором мощностью 100 kVA, 10 000/400 были проведены следующие опыты включения: в режиме з. в. в нормальном режиме, при нагрузке 160%; в охлажденном состоянии при нагрузке 160%.

Наблюдения за температурой в трансформаторе производились по дифференциальному способу с помощью железо-станиновых термопар, заложенных в трансформатор в количестве 9 шт. Мы не имели возможности произвести заложку термопар во внутренние слои обмотки, термопары были заложены на поверхности обмотки высшего напряжения, поверхности верхнего и нижнего витков обмотки низшего

¹ См. статью автора в журн. «Электричество» № 2, 1939.

ния, в масляном канале между изоляционным цилиндром и высоковольтной обмоткой, у сердечника в верхней его части, в масле на расстоянии 5, 10 и 20 мкм от обмотки на ребре кожуха.

Разогрев трансформатора при включении его с нагрузкой 160% велись наблюдения в течение 3 ч 10 мин. Результаты наблюдений представлены на рис. 1. В первый момент после включения начинает быстро разогреваться верхний виток обмотки низшего напряжения (рис. 1, кривая 4). За 10 мин температура этого витка поднимается на 30°. Через 40 мин наиболее нагретой становится поверхность витка низшего напряжения, которая через 3 ч 10 мин приобретает температуру, равную 92° (рис. 1, кривая 9). Можно предполагать, что в начале опыта верхний виток имеет более высокую температуру потому, что он омылся наиболее толстыми верхними слоями масла, в то время как температура поверхности обмотки высшего напряжения измерялась на средине высоты катушки. Затем поверхность высоковольтной катушки становится более нагретой, чем низковольтной, вероятно, благодаря отводу тепла сердечником. Трансформатор в время опыта был помещен в криостат, температура которого измерялась на середине высоты трансформатора и показана на рис. 1 (кривая 10). По результатам наблюдений можно сказать, что в течение трех часов работы трансформатора при включении его с нагрузкой 160% температура обмотки не поднимается до опасного для нее значения, и плавающая обмотка по отношению температуры воздуха через 3 часа становится равным 56°, что также не указывает на опасный нагрев. П. М. Тихомиров¹ указывает, что наиболее нагретым местом трансформатора является зона, лежащая внутри обмотки и имевшая в опытах Тихомирова температуру на 27° выше температуры края обмотки. Применив эти данные к нашим опытам, можем сказать, что предел нагрева обмотки будет достигнут через 1 ч 50 мин. Следовательно, трансформатор, включенный с нагрузкой 160%, может работать в течение 1 ч 50 мин без опасного перегрева. Разогрев искусственно охлажденного до -50° трансформатора при включении его с нагрузкой 160% дает другую картину (рис. 2). На рисунке можно видеть, что сразу после включения наиболее сильно нагревается масло в канале между изоляционным цилиндром и высоковольтной обмоткой, вероятно, происходит потому, что там масло находится в замкнутом объеме — между изоляционным цилиндром, обмоткой, верхними и нижними застывшими слоями масла. Затем через 40 мин наиболее высокого значения достигает температура верхнего витка обмотки низшего напряжения (рис. 2, кривая 4), к которому, повидимому, уже поднялись более нагретые слои масла из масляного канала. Некоторое время происходят небольшие колебания температуры в масле и в канале между изоляционным цилиндром и обмоткой (кривая 3), верхнего и нижнего витков низковольтной катушки (кривые 4

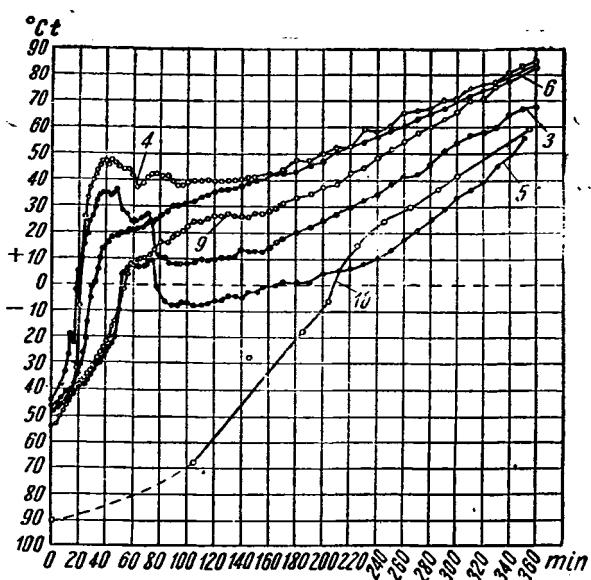


Рис. 2. Разогрев охлажденного трансформатора при нагрузке 160%

3 — пространство между обмотками, 4 — верхний виток н.в. обмотки, 5 — нижний виток н.в. обмотки, 6 — сердечник трансформатора, 9 — поверхность в.в. обмотки, 10 — в криостате на уровне середины трансформатора

и 5), после чего наблюдается понижение температуры указанных мест, затем температура устанавливается.

Понижения температуры, вероятно, объясняются тем, что в это время масло в достаточном количестве разогревается, и начинается заметный теплоотвод конвекцией, наблюдаемый на рис. 2. Новый подъем температуры через 3 ч объясняется тем, что все масло в трансформаторе растаяло, и температура его стала достаточно высокой, в то время как температура окружающей трансформатор среды в свою очередь достаточно поднялась. С этого момента следует считать, что трансформатор работает в обычных температурных условиях, не в условиях холода и не в охлажденном состоянии.

В результате наблюдения за температурой в различных частях трансформатора, включенного под нагрузку при застывшем масле, можно считать, что опасных повышенных температур не наблюдалось. В нашем опыте за три часа была достигнута наивысшая температура витков, равная +47°. При этом превышение температуры обмотки над температурой окружающей трансформатор среды составляет 130°. Но наблюдаемое большое превышение температуры обмотки над температурой воздуха происходит, главным образом, за счет низкой температуры воздуха, в то время как температура обмотки имеет весьма невысокое значение (+47°). Если пользоваться формулой срока службы трансформатора $T = Ae^{-\frac{t}{\theta}}$, где T — срок службы трансформатора, A и θ — постоянные, θ — температура обмотки, то при температуре обмотки в +47° трансформатор может служить около 70 лет. Таким образом подобное включение не вызывает увеличенного коэффициента износа и не сократит нормального для трансформатора срока его службы. Если учесть данные П. М. Тихомирова и в этом случае, то срок службы трансформатора получится немногим более нормального срока службы трансформатора, равного примерно 16 годам.

В работе, кроме автора настоящей статьи, участвовали научный сотрудник высоковольтной лаборатории А. К. Красин и старший лаборант П. Н. Онучков.

Большую помощь в работе оказали заведующий высоковольтной лабораторией доц. А. А. Воробьев и главный электрик завода в Кемерове инж. И. Г. Акопян.

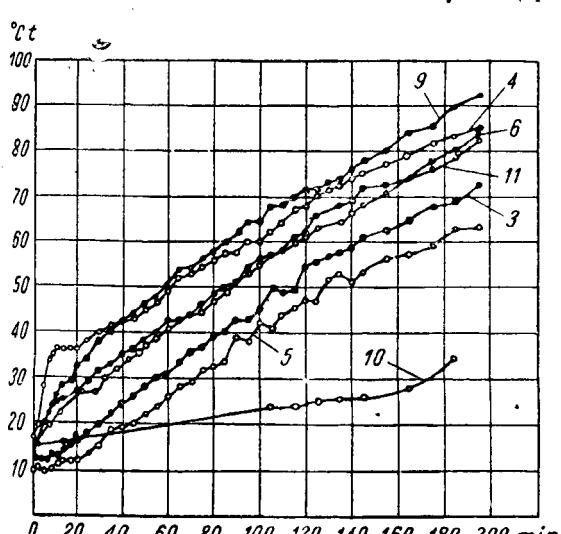


Рис. 1. Нагрев трансформатора при включении его с нагрузкой 160%

1 — верхний виток НВ обмотки, 5 — нижний виток н.в. обмотки, 6 — сердечник трансформатора, 9 — поверхность в.в. обмотки, 3 — пространство между обмотками, 10 — в криостате на уровне середины высоты трансформатора

Мгновенная мощность, входящая¹ в участок AB (рис. 1):

$$P_{av} = (u_A - u_B)i = u_{AB}i. \quad (1)$$

¹ Термин «входящая мощность» мы находим более удобным, чем «потребляемая мощность».

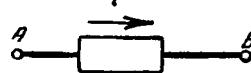


Рис. 1

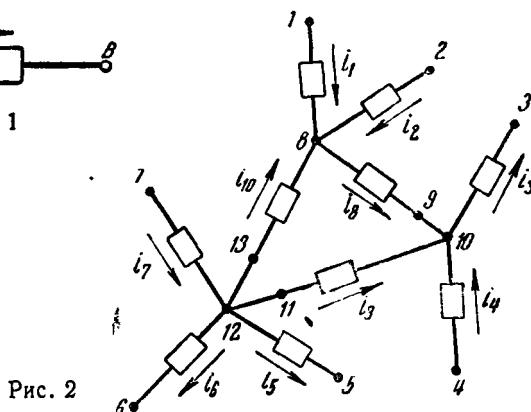


Рис. 2

Со знаком + берется потенциал той точки (*A*), через которую положительное направление тока *i* входит в участок (стрелка на рис. 1). Мощность, выходящая² из участка:

$$P_{\text{вых}} = -P_{\text{вх}} = (u_B - u_A)i = u_B i. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) верны независимо от того, что в участке — потребитель, или генератор, или то и другое вместе.

Выражения

$$P_{A\text{вх}} = +u_A i \text{ и } P_{B\text{вх}} = +u_B i$$

назовем (для принятого на рис. 1 положительного направления тока) мощностями в точках *A* и *B*, соответственно входящей в участок *AB* и выходящей из него.

Очевидно

$$\begin{aligned} P_{A\text{вх}} &= +u_A i = -P_{A\text{вых}} = -(-u_A i), \\ P_{B\text{вых}} &= +u_B i = -P_{B\text{вх}} = -(-u_B i). \end{aligned}$$

Далее (рис. 1):

$$\begin{aligned} P_{\text{вх}} &= (u_A - u_B)i = P_{A\text{вх}} - P_{B\text{вых}} = \\ &= P_{A\text{вх}} + P_{B\text{вх}} = -(P_{A\text{вых}} + P_{B\text{вх}}). \end{aligned}$$

Пусть имеется звезда 1, 2, 9, 13 (рис. 2).

По формуле (1), входящей извне в звезду мощности, $P_{\text{вх}} = (u_1 - u_8)i_1 + (u_2 - u_8)i_2 + (u_8 - u_9)i_8 + (u_{13} - u_8)i_{10}$.

Но

$$i_1 + i_2 - i_8 + i_{10} = 0.$$

Следовательно,

$$P_{\text{вх}} = u_1 i_1 + u_2 i_2 - u_8 i_8 + u_{10} i_{10} = P_{1\text{вх}} + P_{2\text{вх}} + P_{9\text{вх}} + P_{13\text{вх}},$$

где $P_{1\text{вх}} = u_1 i_1$, $P_{2\text{вх}} = u_2 i_2$, $P_{9\text{вх}} = -u_8 i_8$, $P_{13\text{вх}} = u_{10} i_{10}$ — мощности в точках 1, 2, 9, 13, входящие в звезду.

Можно сказать, что входящая в систему мощность равна алгебраической сумме мощностей, входящих в 3 звезды с лучами, начала которых: звезда I — 1, 2, 9, 13; II — 3, 4, 11, 9 и звезда III — 5, 6, 7, 13, 11; центры звезд — 8, 10 и 12.

По доказанному мощности звезд будут:

$$\begin{aligned} P_{I\text{вх}} &= u_1 i_1 + u_2 i_2 - u_8 i_8 + u_{10} i_{10}, \\ P_{II\text{вх}} &= -u_8 i_8 + u_4 i_4 + u_{11} i_{11} + u_6 i_6, \\ P_{III\text{вх}} &= -u_5 i_5 - u_6 i_6 + u_7 i_7 + u_{13} i_{13} - u_{11} i_{11}. \end{aligned}$$

Следовательно, вся входящая в систему мощность будет:

$$P_{\text{вх}} = P_{I\text{вх}} + P_{II\text{вх}} + P_{III\text{вх}} = u_1 i_1 + u_2 i_2 - u_8 i_8 + u_4 i_4 - u_5 i_5 - u_6 i_6 + u_7 i_7 = P_{1\text{вх}} + P_{2\text{вх}} + P_{9\text{вх}} + P_{4\text{вх}} + P_{8\text{вх}} + P_{6\text{вх}} + P_{7\text{вх}},$$

так как остальные слагаемые приводятся к нулю.

Следовательно, мощность, входящая в любую цепь, равна алгебраической сумме мощностей, входящих во входы цепи. Пусть дана цепь, имеющая *n* входов, и пусть положительные направления токов входов направлены все, кроме *k*-го тока, от входов к данной цепи. Тогда для входящей в цепь мощности будем иметь:

$$\begin{aligned} P_{\text{вх}} &= P_{1\text{вх}} + P_{2\text{вх}} + \dots + P_{k\text{вх}} + \dots + P_{n\text{вх}} = \\ &= u_1 i_1 + u_2 i_2 + \dots - u_k i_k + \dots + u_n i_n. \end{aligned}$$

Кроме того, по первому закону Кирхгофа

$$i_1 + i_2 + \dots - i_k + \dots + i_n = 0.$$

² Термин „выходящая мощность“ употребляем вместо термина „отданная мощность“.

Взяв произвольную точку с потенциалом u_0 , можем:

$$\begin{aligned} P_{\text{вх}} &= u_1 i_1 + u_2 i_2 + \dots - u_k i_k + \dots + u_n i_n - \\ &- u_0(i_1 + i_2 + \dots - i_k + \dots + i_n) = \\ &= (u_1 - u_0)i_1 + (u_2 - u_0)i_2 + \dots - (u_k - u_0)i_k + \\ &+ \dots + (u_n - u_0)i_n = u_{10}i_1 + u_{20}i_2 + \dots - u_{k0}i_k + \\ &+ \dots + u_{n0}i_n. \end{aligned}$$

Последнее уравнение указывает как метод расчетающей (выходящей) мощности, так и метод измерения, делящий в цепь мощность равна, как это следует из (3), алгебраической сумме произведений токов входов на разные потенциалы между соответствующими входами и любой (землей и т. д.), причем с плюсом берутся потоки тех входов, положительные направления токов которых правлены от входа к системе.

Для измерения же входящей в цепь мощности надо алгебраическую сумму показаний ваттметров, токовые мотки которых включены во входы, а вольтметровые —ятся под напряжениями $u_{10}, u_{20}, \dots, u_{n0}$.

Для уточнения заметим, что токовые обмотки ваттметров включаются для измерения входящих мощностей так, что направление „начало — конец“ каждой обмотки совпадает с положительным направлением тока. Вольтметровые же обмотки присоединяются к тем точкам, потенциалы которых входят в формулу (3) со знаком плюс, а концы (от *k*-го) танется начало) к точке 0.

После одновременного переключения начал и концов обмоток ваттметра его показания не изменятся, поскольку очевидно, и *k*-ый ваттметр, стоящий в *k*-ом входе, включает одинаково с остальными.

Произвольность выбора точки 0 дает возможность отличаться *n* — 1 ваттметром вместо *n*. Действительно, при мая за точку 0 вход, получим для напряжения u_{m0} :

$$u_{m0} = u_{mm} = u_m - u_m = 0,$$

т. е. показания *m*-го ваттметра будут, безусловно, равны нулю, так как

$$P_{m0} = P_{mm} = u_{mm} i_m = 0 \cdot i_m = 0$$

и, следовательно, надобность в *m*-ом ваттметре отпадает.

Если несколько входов имеют равные потенциалы, то соответствующие им ваттметры можно не включать, так точку 0 можно поместить на эквипотенциальном соединении этих входов, причем, каждый ваттметр упомянутых выше будет показывать нуль. Обрыв в любом месте цепи, включенной в вход, не изменяет метода расчета и измерения.

Если вся входящая мощность окажется отрицательной, вся система в целом не потребляет мощность, а отдает (кроме того, может оказаться $P_{\text{вх}} = 0$):

$$-P_{\text{вх}} = P_{\text{вых}} > 0.$$

Пусть имеется какой-либо проводник с током (рис. 3).

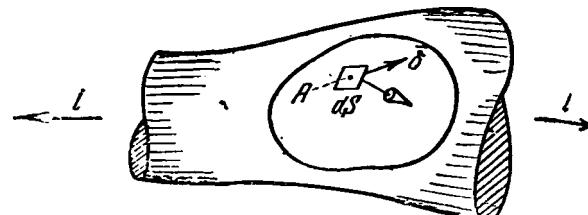


Рис. 3

Выделим в этом проводнике некоторый объем.

На поверхности этого объема выделим ее элемент. Вектор $d\mathbf{s}$ направим по внутренней нормали. Пусть величина плотности тока на $d\mathbf{s}$ будет δ . Тогда мощность в точке, входящая через $d\mathbf{s}$ в объем, будет:

$$dp = u di = u \delta d s,$$

где u — потенциал в точке *A*.

Вся входящая в рассматриваемый объем мощность

$$p = \oint_s u \delta d s.$$

Можно усмотреть близкую связь этой формулы с теорией Пойнтинга.

. И. СПЕВАКОВ. Ростов н/д. Юго-восточная контора
проектов. К проектированию сетей зануления в силовых
линиях

В целях экономии цветных металлов мы считаем целесообразным при определении сечений зануляющих магистралей в силовых электроустановках предусматривать применение железных шин, труб, рельсов и пр. Важны точки зрения безопасности установки выбранные сечения зануляющих магистралей должны удовлетворять следующим двум условиям.

1) протекания по зануляющей ошиновке максимального тока $I_{\text{н}}'$, принимаемого равным номинальному току плавкой вставки $I_{\text{н}}$ или автомата $I_{\text{авт}}$ (защищающих данный участок), потеря напряжения в ошиновке на ΔU от заземленной нулевой точки трансформатора до прикосновения не должна превышать величины допустимого напряжения прикосновения:

$$U_{\text{нр}} = k_{\text{нр}} I_{\text{н}} Z_0 \leq 65 \text{ V}, \quad (1)$$

$k_{\text{нр}}$ — коэффициент прикосновения, равный единице в том случае, если сам защищаемый предмет не имеет непосредственного контакта с землей, но к нему возможно прикосновение, и равный 0,7 во всех остальных случаях; Z_0 — импеданс зануляющей ошиновки, равный $r_0 + jx_0$, здесь r_0 — активное сопротивление и x_0 — внутреннее индуктивное сопротивление железной ошиновки при протекании первичного тока. Согласно результатам исследований ВЭИ 1, достаточной для технических расчетов точностью можно принимать $x_0 \approx r_0$. В соответствии с этим формула (1) принимает следующий вид:

$$r_0 \leq \frac{65}{\sqrt{2} I_{\text{н}} k_{\text{нр}}} = \frac{46}{I_{\text{н}} k_{\text{нр}}}. \quad (2)$$

Рассмотрим 2-е условие. Ток однополюсного к. з. между зажимами силовой сети и зануляющей ошиновкой должен быть не менее тока перегорания плавких вставок 2,5 $I_{\text{н}}$ или при выключения автомата 1,3—1,4 $I_{\text{авт}}$. Таким образом импеданс зануляющей системы от источника питания до места прикосновения на землю фазового провода должен определяться формулой:

$$Z_n = (r_0 + r_\phi + r_T) + j(x_n + x_T) \leq \frac{U_\phi}{I_{\text{н}}}. \quad (3)$$

Реактанс петли, образованный двумя параллельными проводами (прямой и обратный провод), как известно, выражается в виде:

$$\begin{aligned} x_n &= 2\pi f L_n = 2\pi f (L_{1\phi} + L_{10} - M_{\phi-0} - M_{0-\phi}) = \\ &= 2\pi f (L_{1\phi} + L_{10} - 2M_{\phi-0}); \end{aligned}$$

и так как $x_0 = 2\pi f L_{10}$, то $x_n = x_0 + 2\pi f (L_{1\phi} - 2M_{\phi-0})$.

Как показали предварительные расчеты на ряде конкретных примеров, когда расстояние между фазным и зануляющим проводами невелико (порядка до 10 м), разность $-2M_{\phi-0}$ близка к нулю и во всяком случае весьма мала по сравнению с x_0 . Для технических расчетов в этих случаях оказывается вполне возможным полагать $x_n = x_0$. Пренебрегая далее весьма незначительным влиянием активного сопротивления обмоток трансформатора r_T и при этом, как ранее, $x_0 \approx r_0$, формулу (3) перепишем так:

$$r_0 \leq \sqrt{0,5 \left[\left(\frac{U_\phi}{I_{\text{н}}} \right)^2 - (r_\phi - x_0)^2 \right]} - 0,5 (r_\phi - x_0). \quad (4)$$

Подсчеты на ряде конкретных примеров показали, что членом $(r_\phi - x_0)$ под радиалом в формуле (4) во всех случаях можно пренебречь. Пренебрегая далее членом $(r_\phi - x_0)$, необходимо к исчисленному значению r_0 ввести поправочный коэффициент α , равный минимум 0,8 для сети напряжением 380/220 В, и 0,9 для сети напряжением 220/127 В, в большинстве же случаев он больше этих значений. В результате формула (4) приобретает вид:

$$r_0 \approx 0,7 \cdot \alpha \frac{U_\phi}{I_{\text{н}}}. \quad (5)$$

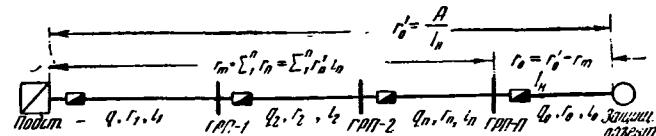
1 Журн. «Вестник электропромышленности» № 9, 1934
2 Журн. «Вестник электротехники» № 5, 1930

Выводы. В результате изложенного в зависимости от способа защиты отдельных звеньев силовой сети и условий соприкасаемости защищаемых объектов с землей могут быть рекомендованы следующие расчетные формулы в общем виде:

$$r_0 \leq r'_0 - r_m \frac{A}{I_{\text{н}}} - \sum_1^n r_n, \quad (6)$$

откуда

$$q_0 \geq \frac{\rho l k_1}{r'_0 - r_m} = \frac{\rho l k_1 I_{\text{н}}}{A - I_{\text{н}} \sum_1^n r_n}, \quad (7)$$



В формулах (6) и (7) A — длина исследуемого участка магистрали зануления в м; $I_{\text{н}}$ — номинальная сила тока плавкой вставки или автомата; q и r_0 — искомые сечение (мм²) и активное сопротивление магистрали зануления исследуемого участка; k_1 — коэффициент скинэффекта, определяемый по соответствующим кривым ВЭИ, при $A=46$ и

$A=66$ как $f\left(\frac{I_{\text{н}}}{q_0}\right)$, при $A=50$ и $A=32$ по $f\left(\frac{2,5/l_{\text{н}}}{q_0}\right)$ или $f\left(\frac{1,4 I_{\text{авт}}}{q_0}\right)$; ρ — удельное сопротивление железа, измеренное

при постоянном токе и равное 0,15 $\Omega \text{ mm}^2/\text{м}$ (учитывая увеличение сопротивления от повышения температуры при проектировании аварийного тока); $r'_0 = \frac{A}{I_{\text{н}}} - \sum_1^n \rho \frac{l_n}{q_n}$ — сопротивление системы зануления от заземленной нулевой точки трансформатора до исследуемого участка в омах, здесь n — число последовательно соединенных участков.

Значения A даны в таблице:

Напряжение сети	Способ защиты	$k_{\text{нр}}$	A
380, 220 В	Вставки или автоматы	1	46
	Автоматы	0,7	66
	Вставки	0,7	50
220, 127 В	Автомат	1	46
	Автомат	0,7	66
	Вставки	1 и 0,7	32

Расчеты для системы зануления, состоящей из многих последовательно соединенных участков, могут быть значительно упрощены, если построить таблицы или кривые $r'_0 = f\left(\frac{A}{I_{\text{н}}}\right)$ и $r'_n = f(I_{\text{н}}, q_n)$.

А. И. РУЦКИЙ. Белорусский политехнический институт. Расчет поля гиперболических цилиндров методом конформных отображений.

Обширный круг разнообразных вопросов электротехники связан с расчетом потенциального поля гиперболических цилиндров. Подобные поля встречаются в трансформаторо-

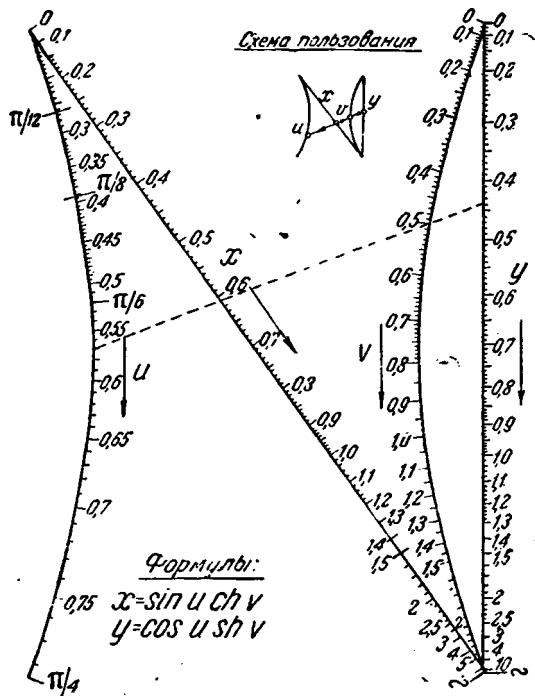


Рис. 1. Номограмма для определения координат w -плоскости при $x < 0,7$

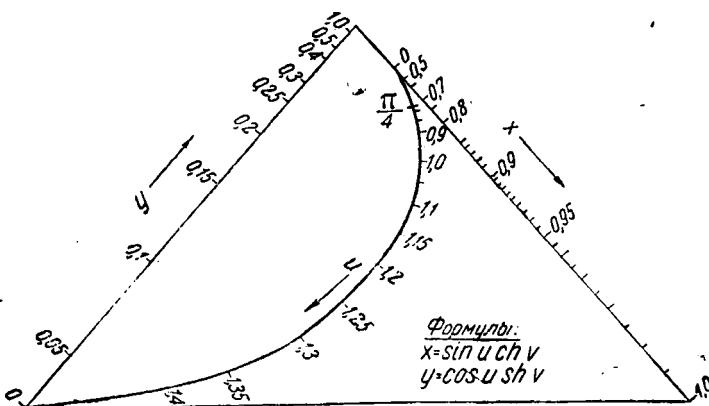


Рис. 2. Номограмма для определения координат w -плоскости при $x > 0,7$

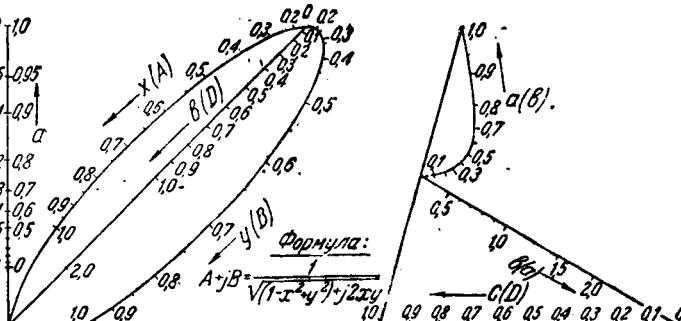


Рис. 3. Номограммы для определения $A + jB$

и аппаратостроении при определении линий токов растекания и обтекания в заземлениях. Подвижные контакты различных аппаратов очерчиваются по гиперболическим или близким к ним кривым.

Изменяя асимптотный угол гипербол, возможно охватить еще более широкую группу различных электродов, форма которых может изменяться в широких пределах — от острия лезвия при малых углах до плоского конденсатора в пределе

при угле $\alpha = 90^\circ$. Ряд вопросов аэрогидродинамики — лопасти, обтекание контура крыла самолета, давление на пластины и др. — также связан с расчетом поля гиперболических цилиндров.

Сочетание метода конформных отображений с номограммами исключительно упрощает расчет, охватывая воззможные случаи — поле между двумя ветвями гиперболических цилиндров, гиперболическим цилиндром и плоскостью и т. д. между двумя конфокальными гиперболическими цилиндрами.

С помощью конформного преобразования $z = \sin \varphi$ ортогональных эквидистантных и силовых линий (гиперболы и эллипсы) заданного поля отображается на поле плоского конденсатора.

Каждая гипербола, пересекающая ось абсцисс в определенной точке x_n , отображается вертикальной прямой $u = \cos \varphi = u_n$. Связь между координатами z -плоскости и w -плоскости устанавливается следующим соотношением:

$$x = \sin u \operatorname{ch} v \quad \text{и} \quad y = \cos u \operatorname{sh} v.$$

Отображенными гиперболами приписывается потенциал, соответствующий конформным точкам поля плоского конденсатора. Для двух конформных точек z_n и w_n $U_{zn} = U_{wn}$. Потенциал гиперболы, конформно отображенный в виде прямой $u = \text{const} = u_n$, в общем случае выражается:

$$U_n = \frac{U_0}{(u_0 - u_n)} (u_n - u_0),$$

где u_0 и u_0' — параметры прямых, которые отображают оси $x^2 - \frac{y^2}{\sin^2 u_0} = 1$ и $x^2 - \frac{y^2}{\sin^2 u_0'} = 1$. u_n — параметр прямой, которая отображает гиперболу, пересекающую ось абсцисс в заданной точке x_n .

В случае двух ветвей гиперболических цилиндров и гиперболического цилиндра и плоскости, последнее выражение упрощается:

$$U_n = \frac{U_0}{2u_0} (u_0 + u_n) \quad \text{и} \quad U_n = \frac{U_0}{u_0} u_n.$$

Для расчета распределения потенциала в поле требуется для всякой точки x_n найти соответствующую конформную прямую, выражающую параметр прямой $u = \text{const} = u_n$.

Значения координат этих точек могут быть взяты непосредственно из номограмм¹ рис. 1 и 2.

Напряженность E_z в точках заданного поля определяется путем пересчета известного значения напряженности E_w поля на которое отображено исследуемое.

На основе известных соотношений напряженность поля плоского конденсатора $E_w = \frac{U_0}{(u_0 - u_0')} e^{j\alpha} \frac{U_0}{(u_0 - u_0')}$ и напряженность поля гиперболических цилиндров:

$$E_z = E_w K \frac{d w}{d z} = E_w \frac{K}{\sqrt{1 - z^2}}$$

или

$$E_z = E_x + j E_y = \frac{E_w}{\sqrt{(1 - x^2 + y^2) + j 2xy}} = E_w (A + jB).$$

Члены A и B могут быть определены по номограмме рис. 3. На левой номограмме по x и y находим вспомогательные значения a и b , затем на правой по a и b находим C и D ; окончательно по C и D находим A и B , член B берется со знаком минус.

Эта номограмма определяет поле вблизи электродов в пределах первого координатного угла, однако благодаря симметрии в других углах она будет аналогична.

Для большинства случаев практики, когда определяется напряженность поля по оси абсцисс, между вершинами гипербол,

$$E_z = E_w \frac{1}{\sqrt{1 - x^2}} = E_x.$$

¹ Номограмма рис. 1 представляет преобразованную номограмму И. А. Вильнера.

обходимо отметить, что при пользовании приведенными формулами и номограммами находится напряженность поля унифицированных гипербол, приведенных к единому расстоянию, равному единице. Для получения напряженности в точках поля заданных гипербол, которые отличаются от унифицированных, необходимо значение напряженности, полученное для унифицированных гипербол, умножить на масштабный множитель $m = \frac{c_0}{c} = \frac{1}{c}$.

Рассмотрим порядок расчета поля по номограммам.

По заданной гиперболе, которая очерчивает электроды, находит фокусное расстояние $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ и определяют масштабный множитель $m = \frac{1}{c}$. Задаемся точками на оси ординат между вершинами гипербол, для которых нужно найти распределение потенциала и градиента потенциала $x_0', x_1', x_2' \dots$. Путем умножения координат этих точек на масштабный множитель m отыскивают соответствующие коор-

динаты точек приведенных (унифицированных) гипербол $x_0, x_1, x_2 \dots$. С помощью номограмм рис. 1 и 2 определяются значения координат конформных точек: $u_0, u_1, u_2 \dots$. Находят распределение потенциалов в поле гиперболических цилиндров $U_n = \frac{U_0}{(u_0 - u_0')}(u_n - u_0')$ и напряженность поля плос-

кого конденсатора w — плоскости: $E_w = -\frac{U_0}{(u_0 - u_0')}$. Определяют $f(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ и вычисляют напряженность поля по оси между вершинами гипербол:

$$E_2 = -\frac{U_0}{(u_0 - u_0')} \cdot \frac{m}{\sqrt{1-x^2}}.$$

Напряженность поля в иных точках вблизи электродов определяется из номограммы рис. 3 по заданным координатам x и y [см. формулу (3)].

РЕФЕРАТЫ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЗА ГРАНИЦЕЙ

M. H. Wilf. Электричество в сельском хозяйстве Америки. *Elektrizitäts-Verwertung* № 6/7, стр. 131—47, 1938—1939*.

Автор статьи, швейцарский инженер, описывает применение электричества в сельском хозяйстве США на основе своей командировки в 1938 г.

Широко применяются в США электрифицированные кормоприготовительные машины. Разработан ряд автоматических и полуавтоматических кормодробилок. Одна из конструкций этих машин показана на рис. 1. Для привода требуется мотор 3 л. с. Производительность этой дробилки от 230 до 460 kg зерна в час. Вес машины — 84 kg. Установка автоматически останавливается при прекращении подачи зерна. В силосорезках, наряду с трактором, применяются для привода электродвигатели 5—7½ л. с. Так, в одной из обследованных машин привод осуществляется двигателем 7½ л. с. однофазного тока, репульсионно-индукционного типа. Расход энергии на тонну массы составлял около 2 kWh.

* Рефераты по вопросам электрификации сельского хозяйства составлены инж. И. А. Будзко.

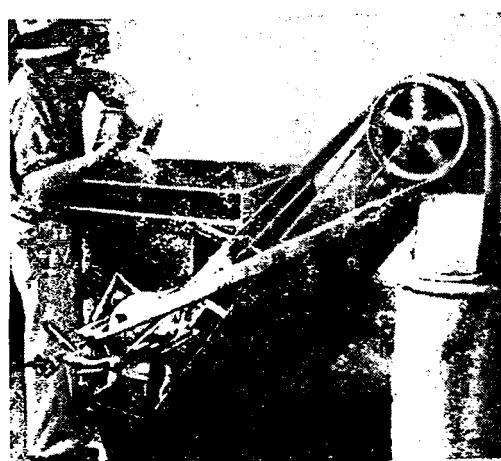
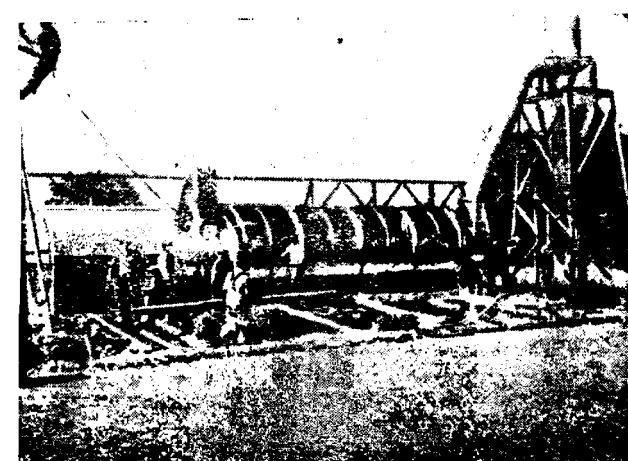


Рис. 1. Зернодробилка с электрическим приводом полуавтоматического типа.



Борисоглебская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru



Рис. 3. Автоматизированная машина для наполнения бутылок молоком

попадают в моечную. Одновременно доятся четыре коровы. Молоко из машины идет прямо в холодильник, производительность установки обеспечивает доику до 45 коров в час.

Механизация молочного хозяйства требует юсовых мер по соблюдению чистоты. Электрические подогреватели дают горячую воду для этой цели, электрические мухоловки резко сокращают число насекомых. Электропастеризаторы и холодильники ведут борьбу с бактериями в самом молоке.

Большой успех имеют автоматизированные машины для наполнения бутылок молоком (рис. 3).

В садоводстве и виноградарстве электродвигатель применяется в качестве привода прессов, сортировальных и моечных машин для фруктов и т. д. Применяются также установки для автоматического контроля температуры и влажности воздуха в хранилищах фруктов. Особого внимания заслуживают электроловушки для насекомых-вредителей.

В верхней части ее находится трансформатор, повышающий напряжение до 3500 В при максимальной силе тока 30 мА, т. е. безопасной для человека. В центре ловушки, за проволочной сеткой, находится газосветовая трубка голубого цвета, на которой более всего реагируют насекомые. Летя на свет, они замыкают своим телом прутья сетки и гибнут. Одной такой ловушки достаточно на 0,4 га. Ловушки подобного типа разработаны для ловли других насекомых.

В овощеводстве электроэнергия в первую очередь (с помощью специального нагревательного кабеля) используется для обогрева парников. Искусственное дополнительное освещение растений вышло из опытной стадии и уже применяется, особенно в цветочных теплицах. Добавочное освещение не только дает возможность получать сверххранние цветы, но даже такие, которые цветут только летом. Это достигается за счет доведения продолжительности «дня» до летней.

Близ Нью-Йорка проектируются новейшие теплицы, в которых обогрев и освещение создаются лампами накаливания мощностью 500 Вт. Регулирование температуры производится автоматически за счет выключения ламп. Таким образом достигается комбинированное воздействие на растения света и тепла.

В птицеводстве широко распространены электромониторы и брудеры. Конструкция брудера значительно улучшена за счет применения искусственной вентиляции. В большом масштабе используется искусственное освещение для повышения яйценоскости кур зимой. Свет применяется в самых малых хозяйствах — с 20—40несушками.

Наиболее часто на фермах используются электродвигатели 5 л. с. и переносные от $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{2}$ л. с.

Наконец, все большую роль начинают играть в сельском хозяйстве США электрохолодильные установки.

I. R. Favarnetti. Новые данные по потреблению электроэнергии на молочных фермах. *El. World*, 25 марта, 82—84, 1939

Комитетом по применению электричества в сельском хозяйстве в штате Калифорния (США) было произведено исследование потребления электроэнергии на 3000 фермах штата.

Исследование продолжалось свыше двух лет, при этом было охвачено 30 молочных ферм различных размеров. Поголовье скота на этих фермах колебалось от 10 до 150 коров. Не все фермы электрифицированы полностью. На тридцати было пятнадцать рефрижераторов, тридцать доильных машин, девять водонасосных установок, девять стерилизаторов и четыре установки освещения молочных предприятий.

Для каждого процесса ежемесячно снимались показания счетчиков и данные обрабатывались с тем, чтобы получить расход электроэнергии на одну корову в месяц и т. д. По данным исследования среднее потребление электроэнергии в месяц на одну корову: для освещения — 0,5 кВт·ч доильных машин — 2 kWh, водоснабжения — 3, рефрижераторов — 5, для стерилизаторов молока — 7, всего 17,5 kWh. Более всего из месяца в месяц колебание потребление электроэнергии для рефрижераторов и водоснабжения, повышаясь в летние месяцы.

F. E. Andrews. Многократно заземленная система разделения электроэнергии с общим нулевым проводом. *El. Light and Power*, стр. 48—52, февраль 1938.

Система распределения электроэнергии с общим для высокого и низкого напряжений нулевым проводом, с большим числом заземлений получила за последние годы широкое распространение в сельскохозяйственных районах США. В статье описывается перевод на эту систему сетей в штате Северный Иллинойс. В этом районе распределение электроэнергии осуществлялось ранее в системе звезда с нулевым проводом, заземленным только на подстанции. В 1933—1934 гг. новая система внедрялась в порядке опыта; начиная с 1935 г., в связи с ростом сельскохозяйственной нагрузки было решено осуществлять массовый перевод на эту систему.

Как известно, система с многократно заземленным общим нулевым проводом имеет глухое соединение между нулевыми проводами сетей высокого и низкого напряжений, а в местах, где провода высокого и низкого напряжений подвешены на одних столбах, используется только один провод. В целях предохранения от опасных потенциалов на нулевом проводе при коротких замыканиях он должен быть тщательно заземлен во многих точках. По приведенной в статье инструкции нулевой провод должен заземляться через каждые 800 м и у каждого трансформатора.

Переход на новую систему дает ряд преимуществ: сокращается половина длины нулевого провода на участках совместного прохождения линий высокого и низкого напряжений; упрощается защита от перенапряжений, так как исключаются разрядник на нулевом проводе и пробивной промежуток; вместо промежуточных трансформаторов применяются автотрансформаторы, более дешевые и с меньшими потерями напряжения; защита трансформаторов от перенапряжений при этой схеме более эффективна; повышается безопасность эксплуатации системы.

В практике перевода сети на новую систему было мало случаев, чтобы эта системаоказывала большееющее влияние на телефонные сети, чем старая.

G. R. Conrod. Медестальные провода для дешевых сельскохозяйственных сетей. *El. News and Engineer* № 13, стр. 22—23, 1938.

В сельскохозяйственной электрификации значительная часть стоимости падает на распределительные сети. Удешевление распределительных сетей возможно путем увеличения длины пролетов. Для этого необходимо применять провода с повышенной механической прочностью. С этой целью в США и Канаде разработаны и широко применяются медестальные провода. Провода эти выполнены из трехжильными, одна из жил представляет собой собственно медестальную провод и состоит из стальной проволоки с оболочкой из меди. Две другие жилы выполняются из твердотянутой меди. Провода изготавли-

и четырех размеров, эквивалентных по проводимости проводом, сечением 33, 21, 13 и 10 mm^2 . По механическим свойствам медестальные провода этой конструкции в полтора раза превосходят медные. При высоте опор 9,15 м и применении медестальных проводов можно доводить длину пролета до 105—122 м, при высоте опор 10,6 м до 122—180, выдерживая расстояние от низшей точки провода до поверхности земли 6,25 м.

Liedke, Gorsler. Конденсаторный однофазный двигатель на сельского хозяйства. *Technik in der Landwirtschaft*, стр. 71—72, октябрь 1936.

В сельском хозяйстве Германии применяются однофазные электродвигатели конденсаторного типа. В статье описаны результаты испытания такого двигателя, проведенные в течение двух месяцев на молотьбе. Двигатель мощностью 1500 W, 220 V, 1430 об/мин. Номинальный ток 35 A, пусковой — 33 A, т. е. 350%. Пусковой момент составляет 60%, а отрывывающий 200% номинального. Двигателя со шкивом и конденсатором — 185 марок. Двигатель снабжается автоматом на 10 A и может работать в сетях, защищенных предохранителями на силу тока выше 20 A.

Испытания двигателя дали хорошие результаты при его работе со средней нагрузкой 1200 W.

C. T. Peatce. Регулирование напряжения в сельскохозяйственных сетях. *El. Journal* № 3, стр. 102—104, 1939.

Сельскохозяйственные электросети в США, как правило, состоят из четырехпроводными с междуфазовым напряжением в большинстве случаев 12 500 V и однофазными ветвлениями фаза — нуль с напряжением 7200 V. По $\frac{2}{3}$ всех сетей состоят однофазные ответвления лишь $\frac{1}{3}$ трехфазные магистрали. При необходимости увеличить нагрузку сети либо удлинить ее сохранением существующего диапазона колебаний напряжения у потребителей этого достигают несколькими способами. Наиболее известные: увеличение сечений проводов, повышение общего напряжения сети и перевод однофазных ответвлений на трехфазные. Однако несравненно более выгодно в большинстве случаев является применение регулирования напряжения в сетях. Для сельскохозяйственной разработаны весьма простые и дешевые автоматические регуляторы напряжения бустерного типа. Они представляют автотрансформатор со ступенчатым переключением, управляемым реле напряжения. Изготавливаются регуляторы от одноступенчатых с величиной ступени 5% от нормального напряжения сети до четырехступенчатых величиной ступени $2\frac{1}{2}\%$.

Увеличение падения напряжения в сети, которое может быть допущено при установке регуляторов, ведет к увеличению потерь энергии в ней. Однако проведенные экономические подсчеты показывают, что при наиболее распространенных в США ценах на электроэнергию выгоднее регуляторов беспорна.

При допустимом диапазоне колебаний напряжения 10% плавкая регулятора с одной ступенью позволяет удлинить линию (при равномерной плотности нагрузки) на $\frac{1}{4}$, а регулятора с четырьмя ступенями на $2\frac{1}{2}\%$. Итак на большее автор не рекомендует в связи с размерным увеличением потерять энергию.

E. M. Starr. Конденсаторы увеличивают пропускную способность сельскохозяйственных сетей. *El. World*, стр. 10, 17 декабря 1938.

Соединенных Штатах Америки разработан специальный штыковых конденсаторов для включения их в сельскохозяйственные электросети. На рис. 1 показана установка конденсатора реактивной мощностью 15 kVA на полевой подстанции. Как принято в США, вся аппаратура устанавливается на нормальной опоре линии вместе с трансформатором, а сеть выполнена однофазной с общим заземленным проводом для высокого и низкого напряжения. Установочное мнение о нерентабельности установки конденсаторов в сельскохозяйственных сетях неверно. Действи-

тельно, каждый kVA, реактивной мощности конденсатора дает меньшее увеличение пропускной способности сельскохозяйственной, чем городской сети. Однако каждый kW увеличения пропускной способности сельскохозяйственной сети дает экономию в 10—15 раз большую, чем в сети городской. В таблице, приведенной в статье, содержатся данные по экономике применения конденсаторов в сельскохозяйственных сетях в зависимости от сечения проводов (медных) и плотности нагрузки. Расчет сделан для однофазной линии напряжением 4 kV, $\cos \phi = 0.8$. Максимальная потеря напряжения составляла 10%.

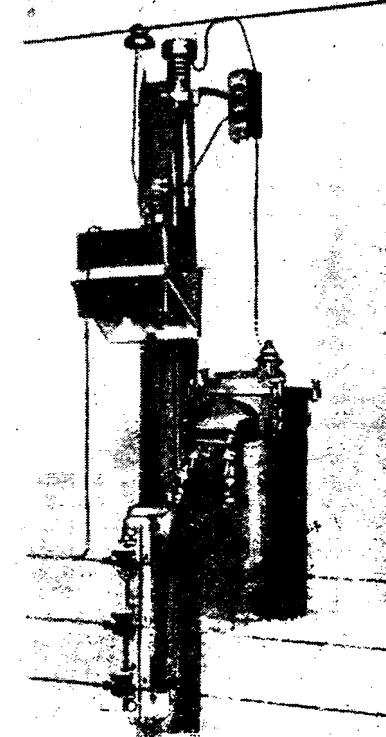
Принималась стоимость линии в долларах на милю.

Провод № 6 ($13,3 \text{ mm}^2$) — 951; № 4 ($21,2 \text{ mm}^2$) — 1040; № 2 ($38,6 \text{ mm}^2$) — 1181; № 20 — 1572. Стоимость одного kVA конденсаторов в долларах для напряжений: 2300 V — 7,55; 4600 V — 9,22; 6900 V — 9,22; 13 200 V — 12,00.

Стоимость установки конденсаторов принята в 20% от стоимости конденсатора.

Статья показывает, что наиболее экономична установка конденсаторов на линиях с малой плотностью нагрузки и большими сечениями проводов. В этих условиях применение конденсаторов дает весьма значительный эффект.

Рис. 1. Установка конденсатора 15 kVA на с.-х. понизительной подстанции 2300 V



Безопасная машинка для стрижки овец. *Rural Electrification and Electrofarming*, стр. 76—77, октябрь, 1938.

Недавно в Англии выпущена новая машинка для стрижки овец с электродвигателем в ручке. Благодаря применению понизительного трансформатора машинка совершенно безопасна как для рабочего, так и для животных. Привод машинки осуществляется универсальным электродвигателем с передачей спиральными зубчатками. Ручка с упорной рейкой удобна для оператора. Вес машинки 1,44 kg, длина 18,8 см. Выключатель помещается на ручке. Наличие понизительного трансформатора позволяет менять скорость двигателя тремя ступенями — 1000, 1500 и 1800 об/мин. С помощью переключателя на ручке скорость может легко изменяться при стрижке различных частей тела овцы.



Рис. 1. Головная машинка для стрижки овец

Машинка может работать и от постоянного тока.

Потребляя мощность 40 W, она обеспечена энергией от аккумуляторной батареи 6—12 V, поставляемой komplektno с машинкой, в течение 25 h.

Каждая машинка проходит заводские испытания в течение 2 h под полной нагрузкой.

На машинке могут быть установлены в передней части две лампочки 6 W, лампочки освещают часть тела животного и значительно облегчают работу, особенно в темных помещениях.

На рисунке показана машинка для стрижки овец последней модели с лампочками.

J. R. Favernetti, J. K. Ellsworth. Потребление энергии и вопросы безопасности в электроловушках для насекомых. *Agricultural Engineering*, стр. 485—86, ноябрь 1938.

Электроловушки для насекомых-вредителей широко применяются в США. Принцип их действия следующий: внутри клетки из металлической проволоки помещается источник света. Между прутьями клетки специальным повышительным трансформатором поддерживается высокое напряжение. Насекомые летят на свет и, замыкая своим телом прутья решетки, гибнут от электрического удара.

В Калифорнийском университете проводились работы с целью определения наивыгоднейшего расстояния между прутьями для различных насекомых, определения необходимых потенциалов и обеспечения безопасности для людей.

Наиболее правильным решением вопроса безопасности авторы считают обеспечение в цепи в момент к. з. силы тока не более 30 mA.

Для определения потребных напряжений и расстояний между прутьями клетки был поставлен эксперимент. Насекомые, заключенные в ящик, выпускались на расстоянии 15·cm от клетки электроловушки и подсчитывался процент убитых, упавших в стоящую внизу банку. Напряжение и сила тока могли изменяться для каждого опыта и их значение отсчитывались по приборам.

При проведении опытов встретились затруднения: часть насекомых застревала между прутьями клетки. Количество застрявших насекомых зависит от расстояния между прутьями и при его величине 11 mm составляло 10—15%. При относительно высоких напряжениях и токах насекомые обгорают, и клетка очищается сама.

Использование вместо ламп накаливания внутри клетки газосветных неоновых трубок представляет интерес, так как снижает расход энергии. Однако включение неоновой трубки на тот же повышительный трансформатор приводит к тому, что в момент замыкания между прутьями клетки трубка гаснет и уже не привлекает насекомых.

M. S. Hancock. Метод подбора электродвигателя. *El. Journal*, стр. 49—52, февраль 1929.

В статье наряду с трехфазными описываются однофазные двигатели, имеющие преимущественное распространение в сельском хозяйстве США. Выпускаются следующие типы однофазных двигателей.

1. С расщепленной фазой на мощности до $\frac{1}{3}$ л. с. Нормальный двигатель этого типа имеет пусковой момент 115% номинального. Специальные двигатели с расщепленной фазой имеют пусковой момент, равный 250% от номинального, но стоят на 40% дороже обычных.

2. Индукционные двигатели с репульсионным пуском при мощности до 1 л. с. имеют пусковой момент 350% номинального, а выше 1 л. с. — 200%. Опрокидывающий момент составляет соответственно 200 и 175%.

3. Репульсионно-индукционные двигатели имеют на роторе две обмотки — постоянного тока и в виде беличьего колеса. Таким образом двигатель имеет характеристики — средние между репульсионным и индукционным.

Пусковой момент двигателя составляет 225% номинального. Остальные данные соответствуют предыдущему типу.

4. Индукционные двигатели с конденсаторным пуском изготавливаются для мощностей до 1 л. с. и более. Для

мощности $\frac{3}{4}$ л. с. пусковой момент составляет 210%, а опрокидывающий 200% от номинального. Двигатели этого типа наравне с двигателями с репульсионным пуском шире всего применяются в сельскохозяйственных установках.

5. Индукционные двигатели с конденсаторным пуском работают. Эти двигатели обладают характеристиками, сходящими с роторами этого типа, но дороже их на 35%. Зато они более высокий к. п. д. и коэффициент мощности и более шумны в работе. Все же применение их ограничено теми случаями, где их высокая стоимость отравливается.

И. А. Буда

Новые типы электродвигателей. *Electrical Times № 2730 марта 1939; The Electrical Review № 3201, 31 марта 1939*

Обычный асинхронный двигатель с к. з. роторной с моткой страдает существенным дефектом: незначительный вращающим моментом при пуске в ход. Существует множество способов, в той или иной степени устраняющих этот недостаток. В частности, хорошо известна система к. з. роторных обмоток Бушера. Английская фирма Лоренс и Скотт разработала дальнейшее усовершенствование ротора асинхронного двигателя путем расположения стержней обмотки в три слоя. Наружный слой — собственно «беличья клетка» — состоит из к. з. стержней из материала с высоким сопротивлением и большой теплой костью. Главная обмотка — петлевая — состоит из медных стержней, расположенных в каналах, занимающих среднее место по окружности ротора. Каждый стержень верхней обмотки с некоторым сдвигом по шагу присоединяется к стержням то второго, то третьего ряда (поочереди) так что общее число стержней второго и третьего ряда равно числу стержней первого ряда.

Витки второго и третьего рядов выведены на одну сторону ротора и замкнуты зажигательно путем присоединения к общему кольцу. Петли размещены таким образом, чтобы избежать вредного влияния высших гармоник, которое стремится создать противодействующий момен-

т. Изменяя глубину каналов, можно в известных пределах влиять на величину импеданса обмотки и, следовательно на характеристику двигателя.

Двигатель имеет очень прочную механическую часть способен работать в самых трудных условиях. Обмотка имеет меньше спаек, чем в системе Бушера. Характер особенностью нового двигателя является его большой вращающий момент в пусковой период. Устройство торовых обмоток обуславливает высокий реактивный поток при пуске без увеличения насыщения и утечек при больших скоростях, т. е. без понижения к. п. д. при полной нагрузке. Отдача двигателя практически такова же, как у ротора с обыкновенным

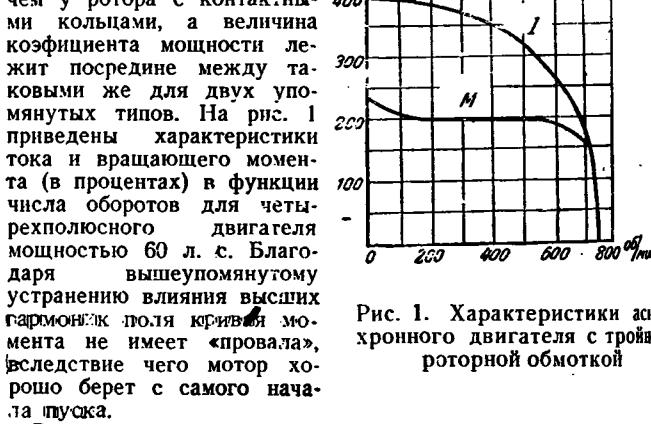


Рис. 1. Характеристики асинхронного двигателя с тройной роторной обмоткой

Второй тип усовершенствованного двигателя — коллекторный двигатель переменного тока — характеризуется плавным регулированием скорости в широких пределах. Статор двигателя идентичен со статором асинхронного двигателя, если не считать добавочной обмотки для повышения коэффициента мощности. Обмотка якоря — обычного типа, применяемого в двигателях постоянного тока; на ней, у самого дна пазов, расположена вспомогательная обмотка, предназначенная подобно дополнительным полюсам, для улучшения коммутации. Улучшение дос-

я тем, что в двигателе устранены быстрое изменение величины тока в коммутируемом витке, возникновение сформаторной э. д. с. (в результате изменения первого магнитного потока) и влияние высших гармоник этого поля. Вспомогательная обмотка выведена на же кольцо, что и главная. Обмотки отделены от друга в пазах изолированными стальными стержнями.

И конструктивные улучшения обусловливают у нового двигателя столь же удовлетворительную коммутацию, как двигателей постоянного тока. Благодаря этому повышается к. п. д. двигателя и мощность на пару полюсов.

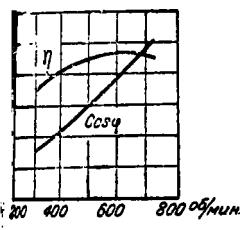


Рис. 2. Характеристики коллекторного двигателя

Размеры коллектора и щеток меньше, чем у обычных коллекторных двигателей. Устранение паразитных токов и искрения благодаря наличию вспомогательной обмотки позволяет применять щетки из более мягкого материала. Обычно щетки находятся в фиксированном положении. Однако некоторый их сдвиг дает улучшение коэффициента мощности при скоростях ниже синхронной; коммутация от этого не ухудшается, так как работа вспомогательной обмотки не зависит от положения щеток.

Разность потенциалов между пластинами коллектора имеет максимальное значение лишь в начальный момент, затем уменьшается, падая до нуля при синхронной скорости.

На рис. 2 представлены к. п. д. и $\cos \phi$ двигателя 10 л. с. при полной нагрузке.

Главное изменение числа оборотов двигателя в широких пределах (1:22) осуществляется посредством потенциал-регулятора. Нормально потенциал-регулятор управляет от руки, но может управляться и дистанционно — хромомотором.

Большим достоинством нового двигателя является то, что ток статора пропорционален врачающему моменту и почти не зависит от числа оборотов (на данной ступени потенциал-регулятора).

А. Г. Галанов

Подземная гидроэлектрическая установка Санта Лючии. *Electrical Review*, № 3209, 1939.

На р. Изонцо, протекающей на с.-в. Италии, ведется строительство гэс Санта Лючии мощностью 34,5 MW годовой отдачей 135 тыс. MWh. Гэс оборудуется тремя вертикальными турбинами Френсиса мощностью каждая 15 MW, работающими под напором 41—45 м. Турбины синхронны непосредственно с генераторами переменного тока мощностью 15 MVA.

Гэс Санта Лючии имеет следующие интересные особенности: здание гэс располагается ниже уровня земли на всю высоту его от атак с воздуха; плотина высотой 8 м во время ее сооружения поддерживается мощной кривой стальной фермой, перекинутой через скалы по ущелью, на 5 м выше нормального уровня реки. Это мероприятие позволяет сократить сечение тоннелей, предназначенных для пропуска строительных расходов или. Главные строительные работы по плотине при этом могут вестись весь год без перерыва, а кладка основания плотины — только в периоды умеренных расходов воды, которые могут быть пропущены через сбросные тоннели. Турины питаются водой посредством тоннеля длиной 875 м с внутренним диаметром 5,6 м. Высеченный в скалах машинный зал имеет длину 39 м, ширину 14 м и максимальную высоту 16 м. Мостовой кран грузоподъемностью 80 t может поднимать монтажные детали на высоту до 11 м. Верх перекрытия машинного зала лежит 12 м ниже поверхности земли. От каждого машинного зала отходит особый тоннель к помещению подстанции. Каждый из трех трансформаторов напряжением 10/135 kV и мощностью 15 MVA располагается в отдельной подземной ячейке. Против подстанции размещаются ремонтная мастерская и контроль управления. Турбины гэс Санта Лючии рассчитаны на работу с противодавлением, должны при этом иметь к. п. д., равный приблизительно 80% нормального его значения.

Н. А. Караполов

G. Fisler, A. Wermeling. Электромеханическое оборудование гэс Этцель. *Brown Boveri Mitteilungen* № 3, 1939.

На гидроэлектростанции Этцель (Швейцария) установлено 6 вертикальных с двумя соплами турбины Пельтона мощностью каждая 20 тыс. HP при 500 об/мин. Из них три турбины непосредственно соединены с однофазными генераторами 18 MVA, 16 $\frac{2}{3}$ Hz, 10 kV, и три — с трехфазными генераторами 18 MVA, 50 Hz, 10 kV. Каждый из двух агрегатов собственных нужд состоит из турбины Пельтона мощностью 300 HP, 1000 об/мин, непосредственно соединенной с трехфазным генератором 300 kVA, 380/220 V, 50 Hz. Машинные агрегаты установлены ниже уровня пола таким образом, что в машинном зале на 2 m возвышаются лишь главные возбудители. Нижняя точка фундамента агрегата находится 17 m ниже пола маши-

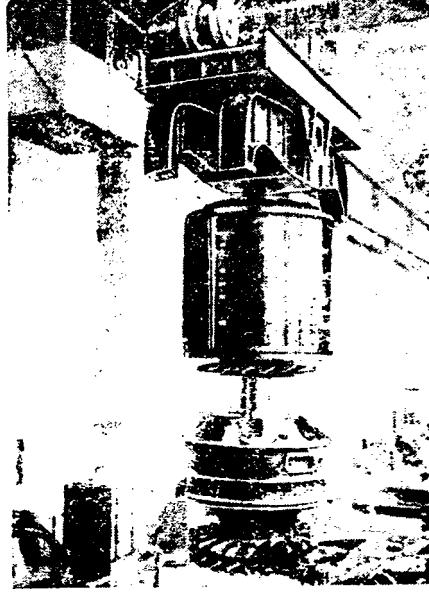


Рис. 1. Ротор однофазного генератора 18 MVA, 11 kV, 500 об/мин, 16 $\frac{2}{3}$ Hz с верхней крестовиной, нижним направляющим подшипником и рабочим колесом турбины. Монтажный вес, включая крановый балансир, составляет около 100 t

ного зала. Воздух, охлаждающий генераторы, поступает снаружи машинного зала, двумя мощными вентиляторами проталкивается сквозь каналы статора и ротора и затем снова отводится наружу. Вращающаяся часть агрегата поддерживается верхней крестовиной, имеющей четыре луча из выполненной из литьей стали. Обмотка статора состоит из отдельных секционированных стержней, включенных последовательно. Обмотка подразделена на 2 части, причем все четыре конца двух половин обмотки через трансформаторы тока выведены наружу. Стальной ротор ведом 70 t выполнен в виде массивного цилиндра, к основаниям которого с двух сторон с помощью фланцев присоединены отрезки вала. Для того чтобы критическое число оборотов вала достаточно превышало разовое число оборотов агрегата, нижний направляющий подшипник максимум приближен к ротору и утолщен соответствующий отрезок вала. Полюсные наконечники ротора снабжены мощной демпферной обмоткой. Гэс Этцель, расположенная вблизи центров электропотребления, имеет особое значение как пиковая и резервная установка.

Н. А. Караполов

S. Franck, A. Rudolfini. Зависимость индукции от угла между намагничивающим полем и направлением прокатки листов. *ETZ* № 17, стр. 503, 1939.

Анизотропия магнитных свойств играет большую роль не только в технике слабых токов, но также и в технике сильных токов. Хорошо известна анизотропия при намагничивании полос, вырезанных из листа динамной стали вдоль направления прокатки и направления, перпендикулярного прокатке. В большинстве случаев, например, при расчете машин, сердечников и т. д., необходимо знать действительное среднее значение индукции для данного материала, когда угол между направлением прокатки и намагничивающим полем проходит через все промежуточные значения

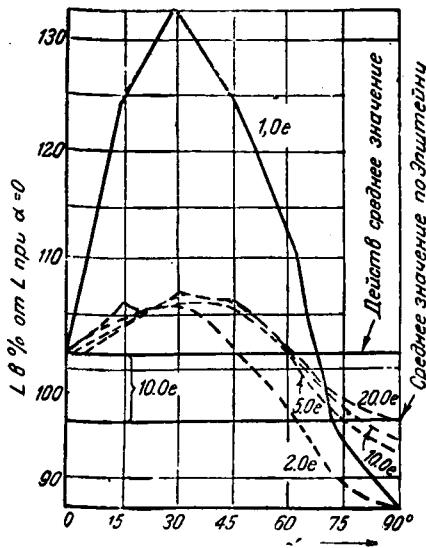


Рис. 1

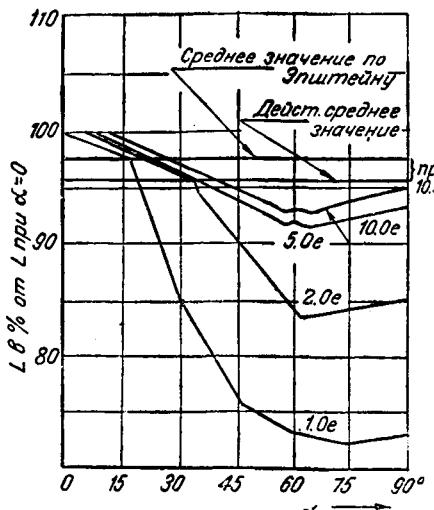


Рис. 2

от $\alpha = 0$ до $\alpha = 360^\circ$. Испытания с помощью аппарата Эпштейна, половина образцов для которого штампуется вдоль прокатки $\alpha = 0$, и другая половина перпендикулярно прокатке $\alpha = 90^\circ$, дают не совсем правильные результаты. Авторами исследовалась зависимость индукции $L = f(\alpha)$ где α — угол между направлениями прокатки и намагничивающего поля для торговых марок динамной стали. Образец динамной стали в виде шайбы диаметром 70 мм намагничивался постоянным и переменным полями при различных α . Измерения при переменном токе велись с помощью феррометра при намагничивании постоянным током, обычным баллистическим методом. Измеренное среднее значение из продольного и поперечного намагничиваний с помощью аппарата Эпштейна не совпадает в большинстве случаев с действительными значениями. Наблюдалось много направлений легкого намагничивания. Так например (рис. 1), при испытании нормального сорта I наряду с легким намагничиванием при $\alpha = 0$ имеется и второе направление легкого намагничивания при $\alpha = 30-45^\circ$. При измерении сорта II (рис. 2) было получено 2 направления легкого намагничивания — при $\alpha = 0$ и $\alpha = 90^\circ$ и минимальное значение индукции при углах $\alpha = 60-75^\circ$.

При измерении динамной стали сорта IV и американской с 0,9–2,1% Si наблюдалось прямолинейное уменьшение индукции от 0 до 90° . При всех испытаниях наблюдался рост магнитной анизотропии при уменьшении намагничивающего поля.

П. П. Храмов

M. R. Cande. Пантографы для съема тока на электрических железных дорогах. Bull. de la Société française des électriciens № 101, стр. 423–440, май 1939.

В статье освещаются последние усовершенствования в конструкции пантографов, введенные в эксплуатации электрифицированных ж. д. постоянного тока.

На последних типах пантографов итальянских электровозов для смягчения ударов при подъеме и опускании пантографа применен глицериновый амортизатор; он состоит из цилиндра, оба основания которого соединены трубкой с клапаном переменного сечения. Шток поршня амортизирующего цилиндра непосредственно соединен с одним из главных валов пантографа.

При больших скоростях сопротивление воздуха весьма значительно, поэтому в конструкции рам пантографа на быстроходных электровозах применены трубы не круглого, как обычно, а эллиптического сечения. Кроме того, давление воздуха на каретку пантографа при больших скоростях создает дополнительный эффект, увеличиваю-

щий давление лыжи на провод, что (бене) резко сказывается на переднем (ходу) пантографе.

На Юго-восточной ж. д. Франции, когда снимаемой силы тока превышают 1500 А, электровозы работают с двумя поднятыми пантографами. Так, опыты показали, что при скорости 120 km/h давление переднего пантографа достигало 25–30 кг, а заднего 15–16, при статическом же положении оба пантографа были отрегулированы на давление всего лишь 8 кг. Столь большие давления усиливают износ промежутка и лыж, и нарушают правильность том снимания. Для борьбы с этим явлением в Франции электровозные пантографы смонтированы в верхней части особыми козырьками действие которых направлено к снижению указанного эффекта. Козырьки расположены так, что передний снижает, а задний увеличивает давление пантографа на провод.

А. Г. Галанов

K. Akazawa, H. Uno. Применение меднозакисных выпрямителей для получения логарифмической шкалы Electrotechnical Journal № 5, май 1939.

При малых значениях приложенного напряжения сопротивление купроокисных выпрямителей меняется почти точно по логарифмическому закону, как это видно из рис. 1.

В реферируемой статье описано использование этого обстоятельства для устройства измерительного прибора с логарифмической шкалой по напряжению, а следовательно, с линейной шкалой градуированной в децибеллах. Этим путем удалось построить прибор, позволяющий измерять без переключений в области от 0 до 70 db.

Схема прибора, его характеристика и вид шкалы показаны на рис. 2. По утверждению авторов

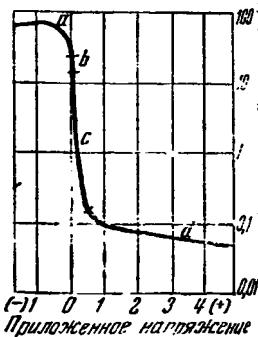


Рис. 1

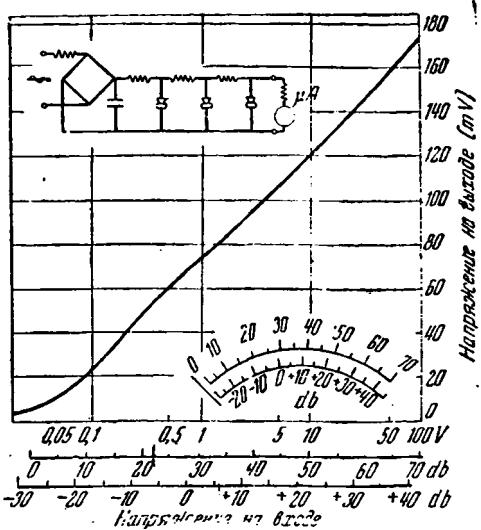


Рис. 2

статьи прибор не уступает другим измерителям децибелл, превосходя их простотой устройства и отсутствием потребности в источниках питания.

А. И. Фрайман

А. ШВАЙГЕР. ЗАЩИТНЫЕ ЗОНЫ МОЛНИЕОТВОДОВ, МЮНХЕН—БЕРЛИН, 1938.

Содержание книги распадается на шесть глав. В первой главе обзор развития взглядов на грозозащиту со времен античности до настоящих дней. Анализируя различные взгляды на применение тех или иных конструкций грозозащиты, давая количественное соотношение их зон, автор показывает большую пестроту, существовавшую во взглядах в течение всего времени развития грозозащиты.

Большое внимание уделляет Швайгер теории Хольца, который в 1878 г. указал, что защитным пространством стержневого молниеприемника является конус с углом при вершине, whom 90° , осью которого является стержень. Дальнейшееложение материала делается под углом зрения критики Хольца.

Вторая глава посвящена рассмотрению принципов графического определения защитных зон тросовых молниеприемников. Основу всех выкладок положен следующий принцип. Молния ударяет в место, находящееся от нее на наименьшем расстоянии. Форма пораженного места (забоstrенная или туго, круглая или угольная, а также форма головки молнии) не имеет никакого влияния при выборе места поражения. Обоснованию этого положения посвящена пятая глава книги.

Из этого принципа для защиты сооружений вытекают следующие требования: при защите сооружений молниеприемники должны быть расположены таким образом, чтобы они, не какие-либо другие части здания, находились ближе всего к спускающейся молнии, независимо от того, с какой стороны и с какой высоты устремляется молния.

Согласно представлениям автора высота ориентировки молний в худшем случае может равняться высоте подвеса троса Н. Все молнии, находящиеся в зоне, ограниченной парabolой, могут попасть только в вершину молниеприемника. Все молнии, находящиеся вне зоны параболы, попадут в землю. Зоны защиты, рекомендуемые Швайгером по абсолютной величине, настолько малы, что Швайгер делает заключение о непротодности стержневого молниеприемника как защитного устройства.

Касаясь важнейшего вопроса о высоте ориентировки молний, Швайгер не дает сколько-нибудь убедительных фактических материалов, которые могли бы служить оправданием к принятию столь малой высоты Н. Отмечу, что в рассуждениях о потенциале головки молнии (связываемом Швайгером возможностью пробоя того или иного промежутка спускающейся вниз молнией), автор делает грубую ошибку, устанавливая этот потенциал путем переумножения волнового сопротивления канала молнии на ток порядка от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч ампер. Известно, что эти токи относятся к амплитудным значениям токов главного канала и использование таких значений для определения потенциала головки лидера неправильно.

По поводу построения для двойного троса необходимо указать, что защитная зона каждого троса при выборе двойного молниеприемника не получается у Швайгера больше, чем при выборе одиночного. Это положение находится в противоречии с опытом и является результатом формальных построений.

В главе 3 рассматриваются нормативные указания по сооружению грозозащиты различного типа. Исходя из установленного принципа малой эффективности защитного действия стержневых молниеприемников, Швайгер рекомендует применение щитов. При этом на крыше защищаемых домов с точки зрения установления зон защиты рекомендуется применение 3 или 5 тросов.

Рассматриваемая глава содержит многочисленные указания по практическому применению расчетов зоны защиты и практические рекомендации по выбору числа тросов и их расположению. В резюме к этой главе Швайгер подчеркивает исключительную важность своего анализа вопроса и его отрывочность от всех существующих положений. Он считает, что отказ от стержневых молниеприемников, поведший к применению тросовой защиты, находится в полном соответствии с воззрениями Фарадея, Максвелла и Мельцера. Швайгер с уверенностью утверждает, что здание могло считаться защищенным

оставляет применение стержневых молниеприемников в качестве защитных приспособлений лишь для высоких узких сооружений в виде башен или домов с очень крутыми крышами. В качестве защиты домов обычного типа, в особенности с очень плоскими крышами, стержневые молниеприемники по его мнению неприемлемы.

Для домов обычного типа системой грозозащиты должны являться только тросы, которые должны образовать сетку; наименьшее число тросов при этом должно быть три. Чем больше число тросов, тем меньше может быть их высота подвеса над крышей.

В главе четвертой приводятся данные о наблюдении над выполненными сооружениями. Начиная с вопроса о структуре молнии, Швайгер касается строения туч и базирует при этом свои рассуждения целиком на теории Тейлера, согласно которой развитие молнии происходит из двухслойной тучи: молния прорастает в пространстве, в котором напряженность электрического поля имела относительно малую величину; отсутствие индуцированных на земле зарядов уменьшает влияние поверхности земли на путь молнии.

Лишь очень кратко Швайгер в конце своего обзора упоминает о лидерном процессе, известном ему из работ, проведенных в Южной Африке.

Большая часть главы четвертой посвящена вопросу анализа случаев поражения конкретных объектов. Метод, принятый при этом автором, заключается в следующем: при рассмотрении, например, конкретного расположения проводов и тросов высоковольтной линии автор (на основании графических построений) определяет подверженность того или иного проводника поражению молнией. Затем он сравнивает полученный результат с наблюдениями над поражением соответствующих высоковольтных линий. Не давая никаких конкретных результатов опытных наблюдений, Швайгер ограничивается лишь частыми замечаниями о том, что результаты его графических построений находятся в полном соответствии с данными статистики. Здесь необходимо указать, что в ряде случаев действительно можно согласиться, что поражения отдельных проводников линий, защищенных тросом, должны иметь место, ибо при низком расположении троса, практикующемся в Германии, защитные углы троса достигают 45° . Как известно, при этом провода не находятся в зоне защиты троса.

При графическом анализе поражаемости проводов линии Швайгер исходит из предположения, что каждый провод линии в отношении воздействия на него молния должен рассматриваться так же, как заземленный трос. Само построение заключается в следующем: через верхний проводник линии электропередачи (вне зависимости от того, является ли он тросом или изолированным проводником) проводится линия параллельно поверхности земли. Затем берется циркуль и радиусом, равным высоте подвеса данного провода (используя каждый имеющийся провод, как центр), делаются засечки на проведенной линии. Точка, отстоящая на линии, наиболее удаленной от верхнего проводника, является основной для дальнейшего анализа. Из этой точки и из точки О (пересечение граничной параболы верхнего проводника с горизонтальной линией, проведенной через этот проводник) проводятся окружности через все имеющиеся проводники. После проведения граничных прямых на графике имеются все элементы, достаточные для анализа поражения отдельных проводов линии. В результате количественной оценки высоты подвеса троса Н Швайгер приходит к исключительно высоким значениям Н, которые в ряде случаев превышают 18 м.

В качестве классического примера недостаточного защитного действия стержневых молниеприемников, Швайгер приводит описание случая поражения длинного (200 м) здания, на коньке которого было установлено 24 стержневых молниеприемника высотой по два метра. Угол наклона крыши с горизонтом составлял 45° , и поэтому формально согласно представлениям о защищенности объекта, находящегося в конусе с углом 90° , здание могло считаться защищенным

ным. Однако в результате удара молнии, произшедшего в среднюю часть крыши, здание сгорело. Касаясь этого единственного приведенного Швайгером примера, необходимо отметить малую убедительность аргументации ввиду отсутствия конкретных и проверенных материалов о действительном протекании процесса поражения здания молнией.

Проделанный Швайгером анализ убеждает его в правильности отказа от применения стержневой защиты и в необходимости внедрения в практику грозозащиты многократных троосовых молниеотводов.

В пятой главе даются обоснования принципиальным положениям автора. Автор исходит из соотношения $U_d = E_d x_0$, дающего связь между пробивным градиентом воздуха, расстоянием a между электродами искрового промежутка и фактором, характеризующим неоднородность поля данного искрового промежутка и пробивным напряжением. Путем обсуждения отдельных элементов этой формулы, автор приходит к хорошо известному из опыта выводу, что при больших пробивных расстояниях разрядное напряжение растет пропорционально длине искрового промежутка. Далее, этот вывод распространяется и на случай смешанного расположения **электродов, имеющий место при развитии искрового разряда** вблизи плоскости, на которой установлен стержень. Это аргументируется тем, что, благодаря наличию предварительного разряда (в форме отдельных стримеров или короны) из-за появления ионизации, влияние стержня на поле оказывается очень мало. Учитывая разную прочность искровых промежутков игла — игла и игла — плоскость, автор предполагает, что кривая равнопрочных расстояний будет эллипсом в отличие от предполагавшейся им при построениях в предыдущих главах параболы. Дальнейшие усилия автора направлены к тому, чтобы показать, как посредством учета различных факторов выявить правильность принятия в качестве основной граничной кривой — параболы.

Последняя шестая глава посвящена рассмотрению некоторых опытов, предпринятых автором для проверки своих сказываний.

Резюмируя рассмотрение работы Швайгера, можно сделать следующее заключение.

Автор на основании формальных расчетных методов, учитывая хорошо известных в настоящее время экспериментальных исследований, в частности, широко проведенных СССР, допускает ряд принципиальных ошибок.

В принципе метод построения защитных зон графоаналитическим способом (например, применение метода окружности известен уже десятки лет).

Главной трудностью, лежащей на этом пути, является отсутствие знаний о высоте ориентировки молнии, что не даёт возможность расчетным путем решить задачу до конца, оставляя место сомнениям в степени надежности сделанных построений.

Принимая без приведения убедительных и объективных доказательств высоту ориентировки молнии равной высоте земли, Швайгер естественно получает **весьма малые защитные зоны, что приводят его к заключению о нецелесообразности применения стержневых молниеотводов**.

В СССР методы грозозащиты получили научную разработку и являлись предметом всестороннего изучения. Полученный материал убеждает, что зона защиты стержневых молниеотводов значительно больше тех, которые им приписываются Швайгером. Можно также отметить, что и американские руководящие указания рекомендуют широкое применение стержневых молниеотводов.

И. С. Стекольников

Энергетический институт Академии наук СССР

ГАРВУД П. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ. Пер. с англ. инж. Н. Н. Стефановича М.—Л ГОНТИ. Редакция энергетической литературы, 223 стр., 188 рис., 1938. Тираж 5000 экз. Ц. 5 р. 75 к.

Прежде всего следует отметить, что в рецензируемой книге отсутствуют общее предисловие и введение редакции, автора и переводчика, вследствие чего остаются невыявленными цели и задачи, которыеставил автор при написании книги, и круг читателей, для которых она предназначается.

Книга написана на весьма актуальную и имеющую большое практическое значение тему. Она содержит материал, который в основном касается схем автоматического управления двигателей, пусковой, управляющей и защитной аппаратурой и некоторых расчетов, связанных с проектированием элементов схем и выбором типа двигателя.

Однако наименование книги обязывает к тому, чтобы она содержала изложение таких вопросов, как «синхронный вал», «поддержание постоянства скорости вращения» и «переходные режимы», а между тем это отсутствует.

Книга носит в основном описательный характер, и ее назначение — ознакомить читателей с опытом и продукцией фирм, предоставить в распоряжение проектных организаций справочный материал, некоторые методы и приемы расчетов. Таким образом книга дает только описание состояния трактусных вопросов, и дальше этого автор не идет. Глубины физических процессов, осуществляемых схемами управления и происходящих в двигателях, а также физических процессов в аппаратах управления, автор в должной мере не вскрывает.

Теория и математическая разработка развиты в книге недостаточно, и в большинстве случаев автор ограничивается скучными и краткими обоснованиями.

Характер изложения весьма неровный. В некоторых случаях автор дает пространные и весьма популярные объяснения, рассчитанные на неподготовленного читателя, например, § 1 и § 4 главы III, а целый ряд мест неудовлетворителен даже и для конспективного изложения. К ним надо отнести целиком главу IX, содержание которой к тому же не соответствует своему названию: «Характеристики двигателей переменного тока». Приведенные в этой главе

рисунки кривых механических характеристик не могут служить достаточным обоснованием для такого названия.

В книге неделено необходимого внимания вопроса эксплуатации электроприводов и схем управления, а также наладки и регулировке.

Некоторые из приведенных в книге определений не являются в достаточной мере убедительными. Например: «сопротивление представляет собой аппарат, применяемый в электрических цепях вследствие того, что он обладает электрическим сопротивлением» (стр. 158), или: «Чугунные спирали, как показывает само их название, представляют собой элементы сопротивления, отлитые из чугуна в форме спирали» (стр. 158).

Встречаются в книге утверждения весьма примитивные и именно в свете задач данной книги являющиеся неверными. На стр. 71 автор пишет: «Предположим, например, что двигатель с регулировкой скорости 2 : 1 в шунте работает на своей максимальной скорости и начинает тормозиться противотоком. Как только цепь якоря переключена, реле ускорения замкнется и зашунтирует шунтовой реостат. Поле двигателя тогда увеличится вдвое и соответственно увеличится вдвое противо-электродвигущая сила якоря». Автор не учитывает здесь индуктивности обмотки возбуждения, которая замедлит нарастание потока. Противо-электродвигущая сила не сможет достигнуть двухкратной величины, тем более что в процессе нарастания потока двигатель снизит скорость своего вращения.

При описании регулировки скорости в шунте (глава VI) автор совсем не отмечает влияния на процесс регулирования числа ступеней реостата, маховых масс двигателя и привода.

Разделяя мнение автора относительно преимуществ схем с управлением в функции времени, мы не можем согласиться с доводом относительно постоянства времени разбега, который автор выдвигает как ценное свойство данного типа схем. Не время разбега до основной скорости вращения определяет выполненную работу исполнительного механизма, а совершенный им путь (перемещение). Этот последний при контакторном управлении в функции времени будет при различных нагрузках неодинаков.

Так как приводы прокатных станов работают главным

* По материалам библиографического сектора Гос. научной библиотеки.

в условиях переходных режимов, то приведенные выражения автора не являются обоснованными. Физичность материала книги требовала от переводчиков большой эрудиции в теории и практике излагаемых тем, что в переводе и нашло отражение. Перевод вышел весьма тщательно.

Несмотря на недостатки издания на русском языке необходимо отметить отсутствие указания года издания оригинала, также то обстоятельство, что схемы управления не переведены на принятые в Союзе обозначения.

Резюмируя, отмечаем, что книга в качестве учебника и учебного пособия служить не может. Чтобы ею поль-

зоваться, надо быть хорошо знакомым с вопросами, которые в ней излагаются. Книга полезна для инженеров проектных организаций и преподавателей вузов, как содержащая описательный и справочный материал, в конспективном виде охватывающая широкий круг вопросов по управлению электродвигателями.

Создание учебника «Управление электродвигателями», соответствующего курсу одноименного названия, читаемого в энергетических вузах, является настоятельной задачей, требующей срочного выполнения.

Д. П. Морозов

Московский энергетический институт им. Молотова

УГРИМОВ Б. И., БАННИКОВ С. П. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ. М.—Л. Изд. Наркомхоза, 1938, 335 стр., 295 рис., 4000, 7 р. 40 к.*

Рекомендуемая книга утверждена в качестве учебника автодорожных институтов и составлена по программе курсов электротехники и автотракторного электрооборудования.

Первая часть — «Электротехника» — представляет собою целики из книги Угрикова и Генселя «Электротехника переменных токов», ч. I и II. Непонятно, зачем понадобилось 330 страниц книги по специальному вопросу 150 страниц проработать на компактность выдержек из курса основ электротехники, тогда как при проработке основ электротехники можно пользоваться большим количеством существующих курсов. С другой стороны, книг по вопросам автотракторного электрооборудования так мало, что было бы значительно проще почти весь объем книги посвятить именно этим вопросам.

Вторая часть — «Электрическое оборудование автомобилей и тракторов» — содержит пять глав. В главе об аккумуляторах упущена существенная часть — работа аккумуляторов в зимних условиях.

В главе, посвященной автомобильному генератору, неясноложен вопрос о генераторах с третьей щеткой, особенно определении постоянства напряжения и в объяснении поиска цифры 0,6—0,7 на элемент. Авторы неправильно трактуют явления, происходящие в регуляторе напряжения, говоря о гистерезисе, создающем инерцию, в то время как вопрос идет только об э. д. с. самоиндукции.

Наибольшее количество ошибок, могущих дезориентировать читателя, содержит 4-я глава — «Зажигание». Здесь указывается (стр. 235), что пробивное напряжение тем выше, чем больше длина искрового промежутка между электродами свечи и чем выше давление газа и его температура, т. е. с увеличением температуры растет пробивное напряжение, тогда как в действительности с повышением температуры при $P = \text{const}$ пробивное напряжение падает. Далее, закон Пашена говорит о плотности, а не о времени, как указано у авторов.

Неудачно выражение: «наведенное напряжение... преодолевает» воздушный зазор (стр. 238). Неверно дано значение тока (стр. 239), неверна также цифра самоиндукции не 0,005 генри, а от 0,007 до 0,0085 генри.

На рис. 193 и 239 приведены кривые токов батареи зажигания, различные по своему характеру.

Такое смешивание характеристик эффективного и амплитудного тока недопустимо. Авторы, очевидно, не учитывают, что включение сопротивления в 200 М Ω (стр. 242) совершенно не отразится на работе бобины. При испытании катушки включается сопротивление, эквивалентное нагарообразованию на свече, которое равно примерно от 2 до 0,5 М Ω .

Неверно дан рис. 207, так как в катушке ИГ-6 при длительном включении сопротивление обмотки от нагрева возрастает от 1,25 Ω при температуре 20° до 1,65 Ω при температуре 160°, а следовательно, при $U_p = \text{const}$ установившийся ток упадет с 4,8 до 3,65 А, что находится в противоречии с данными авторов.

Из описания в книге процесса работы магнето видно, что авторы недостаточно четко представляют себе работу магнето. Так, приводя (на фиг. 231) кривую тока разрыва, которая уменьшается с увеличением n , авторы говорят вообще об уменьшении первичного тока.

На стр. 277 имеется неправильное утверждение: «Для получения максимального напряжения во вторичной цепи прерывание первичной цепи необходимо произвести при максимальном значении $\frac{d\Phi}{dt}$ ». Надо знать, что к моменту размыкания контактов $\frac{d\Phi}{dt}$ очень невелико из-за реакции первичной обмотки, и только при разрыве тока создается необходимое $\frac{d\Phi}{dt}$ для наведения вторичного напряжения.

Далее, при изменении угла 3—5° ни мощность, ни напряжение заметно не изменяются.

Книга не содержит никаких данных о новых магнитных сплавах из железо-никель-алюминия. В разделе о свечах упущен наиболее важный для эксплуатации вопрос о тепловых характеристиках свечи.

Объем излагаемых в учебнике Б. И. Угрикова и С. П. Банникова сведений совершенно недостаточен для подготовки инженера-авто-эксплоатационника в области электрооборудования. Книга в части, касающейся автотракторного электрооборудования, имеет ряд ошибок.

Редактирование книги перешлившое, много неправильных обозначений и опечаток.

Н. В. Полтев
Завод АТЭ-1

По материалам библиографического сектора Государственной научной библиотеки.

ГАЛКИН Ю. М. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ АВТОМОБИЛИ (ЭЛЕКТРОМОБИЛИ)
М.—Л. Изд. Наркомхоза РСФСР, 159 стр., 123 рис., 1938, 3000, 5 руб.*

Развитие автомобильного транспорта в нашей стране делает вполне актуальным вопрос о применении в некоторых специальных областях городского транспорта электрических аккумуляторных автомобилей. За границей электрические автомобили получили большое распространение в городском транспорте не только из-за меньшей (на 25—30%) стоимости по сравнению с обычными бензиновыми автомобилями, но и вследствие ряда других преимуществ, как-то: пожаро- и взрывобезопасность, бесшумность, отсутствие вредных выделений паров бензина и остатков сгорания, плавность хода и т. д.

Литературы по электрическим автомобилям у нас нет совершенно, поэтому выход в свет книги инж. Ю. М. Галкина «Электрические аккумуляторные автомобили», заполняющей частично этот пробел, следует считать вполне своевременным.

Глава I книги содержит краткую историю развития электромобилей и описание основных типов современных электромобилей. В обширной сводной таблице даны главнейшие характеристики 104 выявленных конструкций легковых электромобилей, электробусов, электрических грузовиков и дорожных электротягачей.

В главе II рассматриваются и сравниваются между собой различные типы тяговых аккумуляторов, применяемых в электромобилях.

Вопрос о тяговых аккумуляторах во всем своем объеме должен быть овеществлен в специальных трудах; все же автору следовало подробнее на нем остановиться, так как развитие электромобилестроения тесно связано с производством специальных тяговых аккумуляторов, с уменьшением их веса и повышением срока службы.

В главе III приводится тяговый расчет электромобилей. Для выбора аккумуляторной батареи автор применяет метод, предложенный Retel, вводя коэффициент k , равный отношению перевозимого груза (полезный груз + вес батареи) к полному весу электромобиля. По Retel и по автору этот коэффициент зависит от величины пробега на 1 зарядку. Однако из рис. 35 очень трудно обнаружить эту зависимость, и кривая, приведенная автором, может быть принята за «среднюю» с большой погрешностью. К сожалению, автор сам использует эту «среднюю статистическую» кривую для расчетов, что неизбежно приводит к противоречивым результатам, как, например, цифры максимальных пробегов электромобилей в гипотетическом случае, когда весь перевозимый груз состоит только из аккумуляторной батареи (стр. 51), оказываются такого же

порядка и даже ниже цифр реальных пробегов в рядку с полным грузом (стр. 56, табл. 22).

В остальном впервые автором элементы тяговых и динамических характеристик электромобиля сводная номограмма его работы являются очень пособием для проектирования и выбора основных звеньев электромобиля.

Глава IV — «Конструкция электромобилей» — явно доработана, совершиенно не отражены специальные функции электромобилей для коммунального хозяйства, шедшие наиболее широкое распространение за границей: электромобили для уборки улиц, для вывоза сора, для развозки продуктов из магазинов и т. д. Тичего не сказано о конструкциях электромобилей социальными приводами, имеющими специфические преимущества электромобилей — возможность установки неших электродвигателей, питавшихся от аккумуляторных батареи.

Более подробно описаны конструкции приводов, и характеристики электродвигателей и схемы управления электромобилями.

В последней, V главе, автор сравнивает электромобили с автомобилем по конструкции, тяговым характеристикам и стоимости эксплуатации и перечисляет специальную область городского транспорта, в которых применение электромобилей наиболее выгодно. Автор считает, что 10—15% грузового автотранспорта, 30% автомобилей социального назначения и часть гужевого транспорта должны быть с успехом заменены электромобилями.

Эти цифры, взятые по данным заграничного опыта, наших условий планового социалистического хозяйства слишком скромны. Значительная (до 30%) экономия стоимости эксплуатации и в потреблении жидкого топлива, возможность использования электростанций для зарядки аккумуляторных батарей в часы минимальной нагрузки на них, простота и легкость обслуживания, бесшумность и гигиеничность работы электромобилей являются предпосылкой для значительно большего распространения их в наших крупных городах.

Для того чтобы доказать и перепечатать капиталистические страны в области производства и эксплуатации электромобилей, необходимо, чтобы наша промышленность и ее плановые органы вплотную занялись вопросами электромобилестроения. В этом отношении книга Ю. М. Галкина несмотря на отмеченные выше недостатки, принесет большую пользу.

Книга издана и оформлена вполне удовлетворительно.

Д. Любомирский
Завод АЗС

* По материалам библиографического сектора Государственной научной библиотеки.

40-летие научно-технической и педагогической деятельности проф. Б. И. Угримова

Недавно исполнившееся сорокалетие научно-технической, изобретательской и учебно-методической деятельности профессора, доктора технических наук Бориса Ивановича Угримова было торжественно отмечено коллективом Московского электромеханического института инженеров железнодорожного транспорта им. Дзержинского.

Коллектив МЭМИИТ приветствовал Б. И. Угримова как одного из старейших русских электротехников и как старейшего по стажу работы сотрудника, профессора и начальника кафедры общей электротехники института, где Б. И. работает и в настоящее время.

В приветственном обращении коллектив института отметил не только многогранность большой деятельности Б. И. Угримова за 40 лет, но и во

многих случаях ее пионерский характер в области электротехники.

С 1896 г. в Москве Б. И. Угримов являлся организатором первых основных электротехнических лабораторий вузов и специальных факультетов, изобретателем электрокотла и униполярной машины, автором первой на русском языке монографии о многофазных токах.

В 1920 г. Б. И. Угримов принимал большое участие в работе Государственной комиссии по электрификации России — ГОЭЛРО и был тогда же привлечен к работе по постройке первых электропилотов.

Проработав на фронте науки и техники 40 лет, Б. И. Угримов подготовил многочисленных специалистов, среди которых имеются выдающиеся деятели.

Конференция по вопросам электрохозяйства трамваев и троллейбусов

20—23 мая с. г. в Одессе состоялась конференция НИТО городского электротранспорта по вопросам контактной сети и подстанций трамвая и троллейбуса. Конференция обсудила следующие вопросы:

1. Об учете электроэнергии на электротранспорте — докл. инж. П. К. Пешекерова (Москва).

2. О планировании удельного расхода электроэнергии в зависимости от фактического расхода за прошлый период — докл. инж. С. Д. Шарфман (Одесса).

3. Технические условия на контактную сеть трамвая — докл. инж. Л. П. Денисенко (Киев) и В. А. Самкова (Ленинград).

4. Номенклатура планово-предупредительного ремонта оборудования подстанций — докл. инж. П. Шерстюка (Свердловск).

5. Борьба с ртутными парами на выпрямительных подстанциях — докл. инж. С. А. Евтушенко (Харьков) и инж. В. А. Соловьева (Москва).

6. Технические условия на ремонт трамвайной контактной сети — докл. инж. С. Д. Шарфман (Одесса).

7. Борьба с авариями и травматизмом в электрохозяйстве — докл. инж. В. М. Знаменского (Горький).

8. Диспетчеризация управления электрохозяйством трамвая и троллейбуса — докл. инж. В. П. Истратова (Москва).

9. Технические условия на проектирование и соединение контактной сети троллейбуса — докл. Г. М. Смирнова (Москва).

академии руководящих кадров НККХ РСФСР, от проектных организаций и др., — всего 66 делегатов.

Своевременность созыва всесоюзной конференции по вышеуказанным вопросам определяется комплексом вопросов, поставленных перед городским электротранспортом XVIII съездом ВКП(б).

«Важнейшей задачей всех предприятий промышленности, коммунального хозяйства, транспорта и сельского хозяйства является экономия топлива и электроэнергии». (Из решений XVIII съезда ВКП(б))

Вопросам учета электроэнергии и планирования под углом зрения снижения удельного расхода энергии были посвящены вызвавшие оживленные прения доклады П. К. Пешекерова и С. Д. Шарфмана.

По этим докладам вынесена резолюция о разработке комплекса вопросов по нормализации, учету и планированию расхода электроэнергии на предприятиях городского электротранспорта. К этой работе будут привлечены ВНИТО, Московский энергетический институт им. Молотова, Академия коммунального хозяйства и другие научные организации.

Решения XVIII съезда партии ВКП(б) предписывают в третьей пятилетке «построить... трамвай в 8 городах... Увеличить число новых трамвайных вагонов на 2900 единиц, обеспечив производство 4-осных вагонов новейшей конструкции для Москвы, Ленинграда, Киева и других крупных городов СССР».

Директива о введении быстроходного подвижного состава городского электротранспорта предъявляет особо высокие требования к контактной сети трамвая и троллейбуса с точки зрения надежного токоснимания.

При планировке городов проезжая часть улиц

расширяется, вследствие этого подвеска на Т-образных опорах не удовлетворяет требованиям уличного движения.

Новые технические условия предписывают широкое применение подвески контактного провода на гибкой поперечине.

Решения XVIII съезда ВКП(б) по вопросу о троллейбусах гласят: «Расширить в Москве, Ленинграде, Киеве и других крупных городах троллейбусное движение и в соответствии с этим увеличить производство троллейбусов, в частности, организовать массовый выпуск двухэтажных троллейбусов».

В настоящее время опыт работы троллейбусов в Москве позволяет дать основные положения для технических условий на проектирование и строительство контактной сети троллейбуса. Обсуждение и утверждение этих технических условий помогло обмену опытом между работниками троллейбуса РСФСР (Ленинград, Москва и Ростов-на-Дону), Украины (Киев и Харьков) и Грузии (Тбилиси).

Так как контактная сеть троллейбуса работает еще значительно хуже трамвайной сети, то введение технических условий на проектирование и сооружение сети, несомненно, снизит аварийность в троллейбусном хозяйстве и будет способствовать расширению троллейбусного движения.

В докладе Е. П. Шерстюка об организации профилактических ремонтов оборудования трамвайных

подстанций своевременно поставлен вопрос о повышении технической культуры в обслуживании трамвайных подстанций.

До сих пор не существовало единой номенклатуры осмотров и ремонтов оборудования подстанций, что вызывало, с одной стороны, нерациональное использование персонала, а с другой, — сокращение срока службы оборудования и иногда даже перебои в работе.

Вопросы борьбы с аварийностью и травматизмом вызвали особый интерес делегатов на конференцию. Основным видом травматизма на ртутно-выпрямительных подстанциях является вредное действие ртути на дежурный и ремонтный персонал подстанций. Конференция приняла основные положения инструкций по борьбе с ртутными парами на подстанциях и дала указания об изменении систем учета концентрации ртутных паров, а также о устройству вентиляции подстанций и систем охлаждения вакуумных насосов.

В результате рассмотрения всех этих вопросов конференция выдвинула перед городским электротранспортом СССР ряд новых задач, от практического разрешения которых зависит успешное развитие электрохозяйства трамваев и троллейбусов в третьей пятилетке.

Д. И. Бондаревский и В. А. Соловьев
Москва

Конференция инженеров-энергетиков

Московское отделение научного инженерно-технического общества энергетики и электросвязи 12 июля с. г. провело конференцию, собравшую около 100 чел. представителей организаций общества на заводах, в научно-исследовательских институтах и учреждениях.

Конференция заслушала отчетный доклад председателя Оргбюро Общества тов. Ю. В. Буткевич. Выступавшие в прениях научные и инженерно-технические работники указали конкретные пути работы общества по реализации решений XVIII съезда ВКП(б) в области энергетики.

Конференция заслушала приветственное письмо Народного комиссара электростанций и электропромышленности СССР тов. М. Г. Первухина, в котором он призывал общество к энергичной работе по реализации плана третьей сталинской пятилетки.

Конференция избрала правление общества, в которое вошли акад. орденоносец Кулебакин, доктор технических наук Буткевич, Рубинштейн и др.

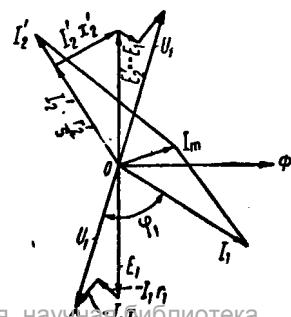
А. Мартюков

ПОПРАВКА

В журнале «Электричество» № 6 1939 г. на 58-й стр. рисунок 2, упоминаемый в тексте библиографической статьи Г. М. Махарадзе, должен иметь такой вид:

На 58-й стр., правая колонка, первый абзац, — фразу, начинающуюся на 2-й строке, следует читать:

На этих фигурах даны пространственные диаграммы индукции отдельных фаз, а не диаграммы на-
правлений, которые являются «вре-
менными» диаграммами.



СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Всеноародный смотр побед социалистического сельского хозяйства	1
Сазонов Н. А. — Электрификация сельского хозяйства в районах ирригации Заволжья	3
Захарин А. Г. — О системе электроснабжения сельскохозяйственных районов Заволжья	8
Зборовский Н. Б. — Опыт электрификации колхоза „Коммунист“	11
Петров Е. Г. — Проблема электрификации орошения в Заволжье	13
Краснов В. С. — Электромеханизация животноводческих хозяйств	15
Листов П. Н. — Электротрактор	20
Чубаров А. Н. — Электроосвещение комбайнов при ночной работе	22
Смолько И. О. и Иосифов А. А. — Передвижные электростанции в сельском хозяйстве	23
Глебович А. А. — Регулятор напряжения и числа оборотов для колхозных гидроэлектростанций	26
Петров Н. И. — Регулятор напряжения с применением дросселей насыщения и купроксовых выпрямителей	29
Будзко И. А. и Горянин Ф. А. — Самовозбуждающийся асинхронный генератор	30
Шац Е. Л. — Заземления для грозозащитных устройств на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке	33
Пайкин Э. М. — Современные тенденции в области электрического зажигания	35
Казин Н. Ф. и Трехов М. И. — За рациональное использование электроэнергии на агротракторных заводах	41
Вейц В. И. — Некоторые особенности новейшего развития электроэнергетики в капиталистических странах	46
Из работ советских электротехников	57
Рефераты	71
Библиография	77
Хроника	81
На обложке — Скульптура товарища Сталина в центральном зале павильона Туркменской ССР на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке. Фото Ф. Кислова. (Фотохроника ТАСС).	

Издатель ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Главный редактор А. П. Александрова

Заведующий редакцией М. Г. Башкова

Отв. редактор Я. А. Климовицкий

Выведено в набор 17/VII 1939 г.

Подп. к печ. 10/IX 1939 г. Печ. л. 11. Авт. л. 13,5 У. а. л. 14,49 Печ. зн. в л. 60 307.

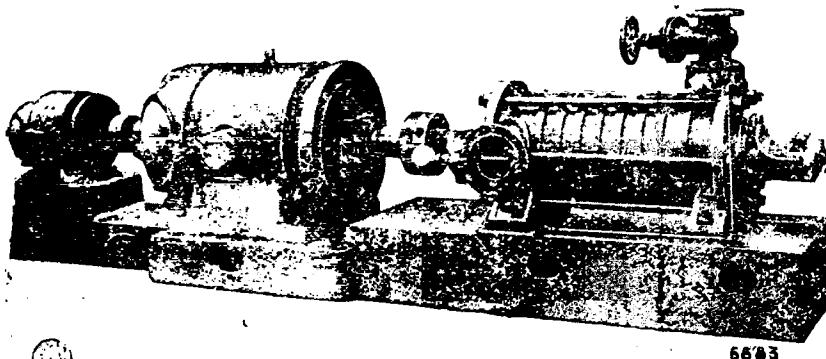
Формат 60×92¹/₈. Уполн. Главл. А-15838.

13-я тип. ОГИЗа РСФСР. Москва, Денисовский, 30.

Зак. 1574 Тир. 10000

A. C. E. C.

Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi
CHARLEROI (БЕЛЬГИЯ)



ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

для всяческих целей

Любой производительности -;- Любой давления -;- Любой мощности

МНОГОЧИСЛЕННЫЕ РЕФЕРЕНЦИИ

SWISS JEWEL Co. S.A.

LOCARNO (Швейцария)

Технические камни

для электрических
счетчиков и измери-
тельных приборов.



Необработанные синтетические драгоценные камни

Выписка заграничных товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли. При выписке каталогов и проспектов просим ссылаться на № нашего журнала.



Свинцовые кабели

для сильных токов, телефона, телеграфа, сигнализации, радио и телевизии, а также принадлежности к ним.

Провода с резиновой изоляцией
любого назначения

Изоляционные трубы

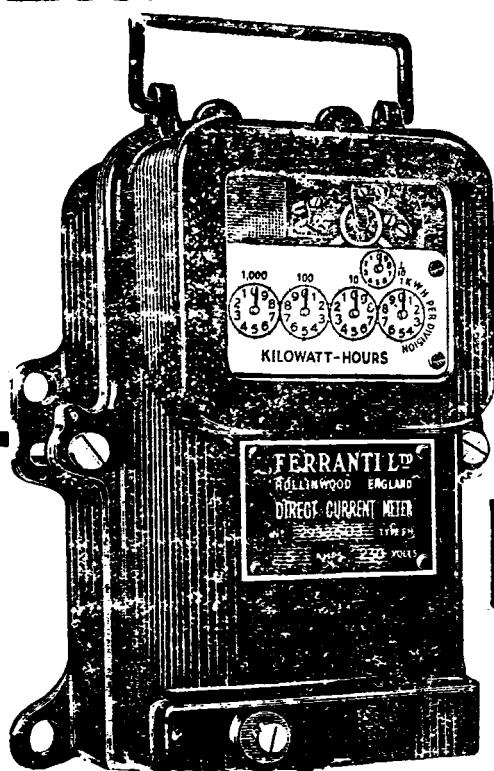
MANUFACTURES DE
CÂBLES ÉLECTRIQUES
ET DE CAOUTCHOUC S.A.

EUPEN

БЕЛЬГИЯ



НЕИЗМЕННАЯ ТОЧНОСТЬ



ТОЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ СЧЕТЧИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ФИРМЫ ФЕРРАНТИ ИЗВЕСТНЫ НА ВСЕМ СВЕТЕ. ИХ НАДЕЖНОСТЬ ТАКОВА, ЧТО БУДУЧИ РАЗ УСТАНОВЛЕНЫ, ОНИ НЕ ТРЕБУЮТ БОЛЬШЕ НИКАКОГО УХОДА И НАБЛЮДЕНИЯ

СЧЕТЧИКИ ФЕРРАНТИ ОТЛИЧАЮТСЯ СВОИМ КРАСИВЫМ ВНЕШНИМ ВИДОМ И СВОЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТЬЮ

Просим направлять нам Ваши запросы и спецификации

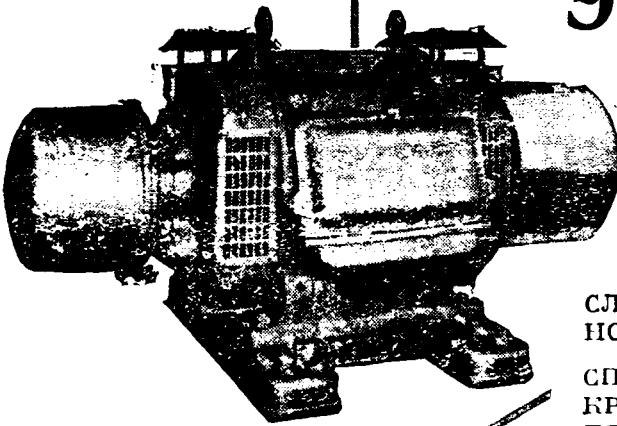
FERRANTI

СЧЕТЧИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

FERRANTI LTD., HOLLINWOOD, LANCS, АНГЛИЯ

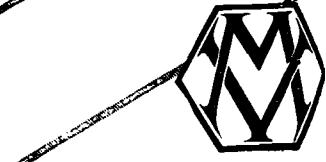
FM70

ЭЛЕКТРОМОТОРЫ ВСЕХ ТИПОВ

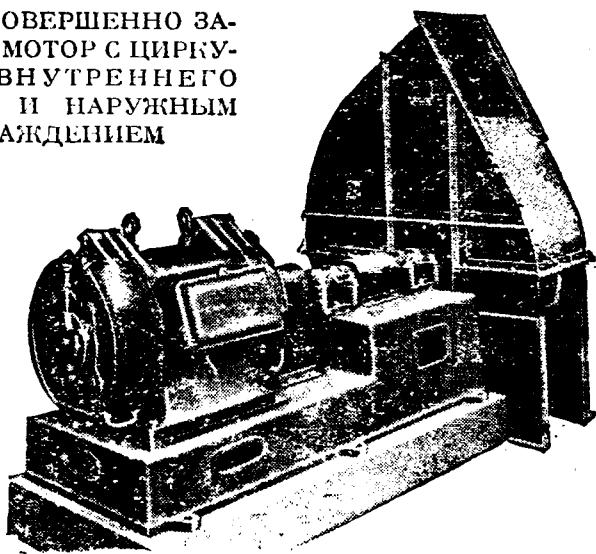


СЛЕВА МОТОР ЗАЩИЩЕННОГО ТИПА НА САЛАЗКАХ

СПРАВА СОВЕРШЕННО ЗАКРЫТЫЙ МОТОР С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА И НАРУЖНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ



МЕТРОПОЛИТЭН
Виккерс
ЭЛЕКТР. АКЦ.О.ВО



„ИЗОЛА“

изоляционные материалы для
электротехники

Изделия „мика“

Фибры, пропитанные бакелитом

Пропитанное сукно, пропитанный шелк

Изолировочная бумага

Пропитанные ткани

Пропитанный азбест

Изоляционные лаки

Изолированная проволока :

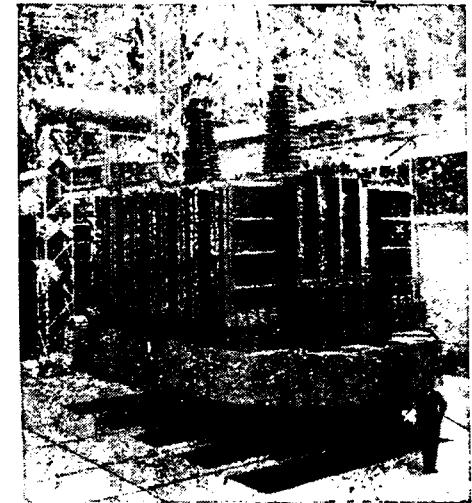
телефонная проволока,
эмалированная проволока,
изолирующая лента,
азбеститовая проволока

Изолирующие трубы (не на тканной основе)
Софлекс

**Fabrique Suisse d'Isolants
Bretonbac (Швейцария)**

SAVOISIENNE
SOCIETE
CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES
LES BAIES

ФРАНЦИЯ

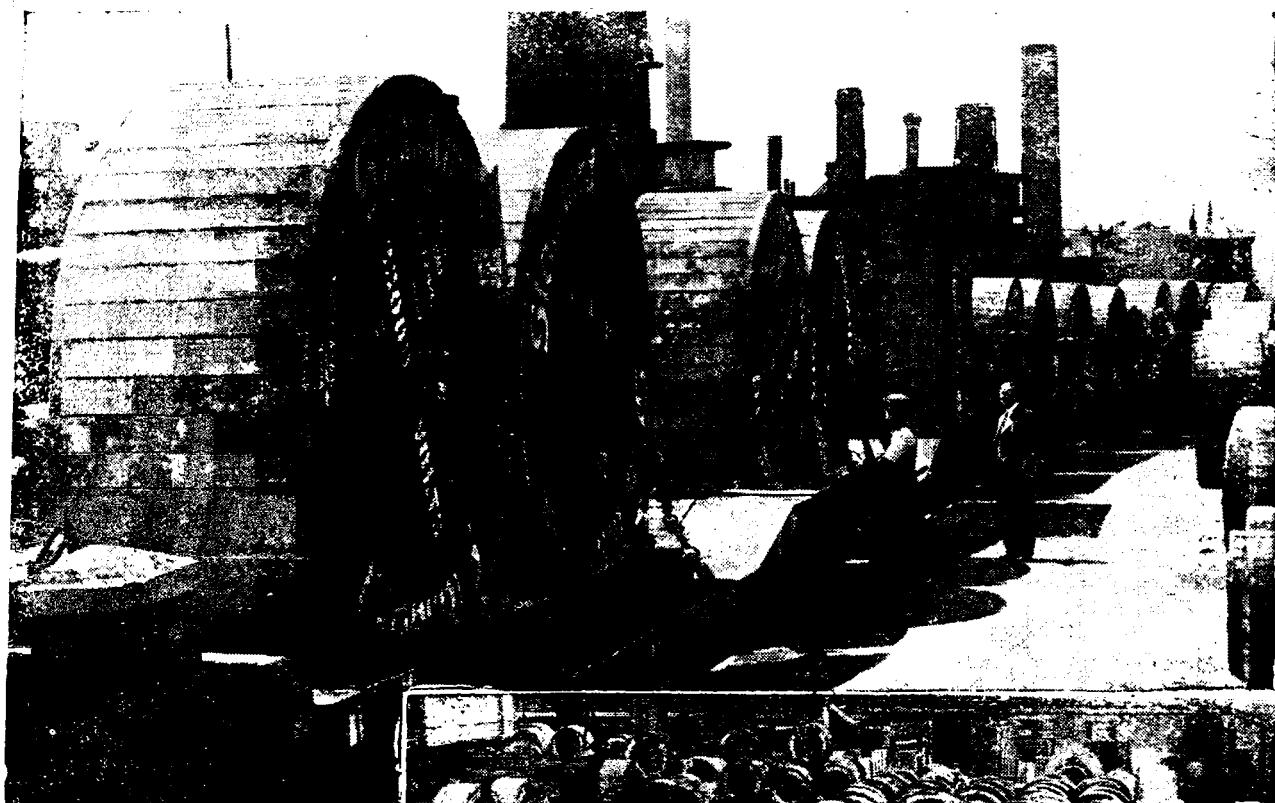


Трансформатор 40.000 KVA—15/220 кв.

**ТРАНСФОРМАТОРЫ
Конденсаторы**



СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ ЛЮБОГО НАПРЯЖЕНИЯ



Для отправки
грузовиками, по
железной дороге и
морем
поставщикам
и потребителям
электроэнергии
в Англии и
заграницей



Присылайте Ваши спецификации на силовые кабели "STANDARD"

Standard Telephones and Cables Limited

NORTH WOOLWICH LONDON, E.16. Англия

ОТДЕЛЕНИЯ И ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ВО ВСЕМ МИРЕ

N. V. NEDERLANDSCHE KABELFABRIEK

DELFT (Голландия)



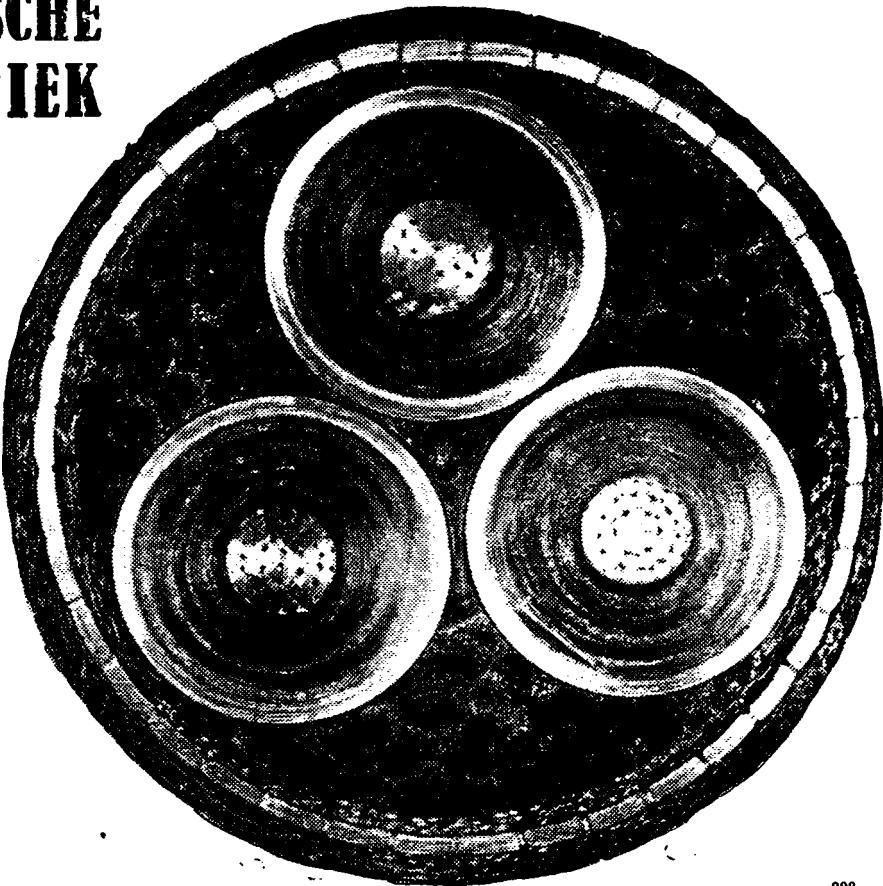
ПРОИЗВОДИТ:

Подземные электрические
кабели высокого и низкого
напряжения с бумажной
изоляцией

Подземные телефонные и
сигнализационные кабели

Подводные кабели

Неизолированную проволоку
и неизолированные кабели
из электролитической меди



898

Имеется лишь один

изоляционный материал для токов высокой частоты, поддающийся механической обработке, — это

MYCALEX

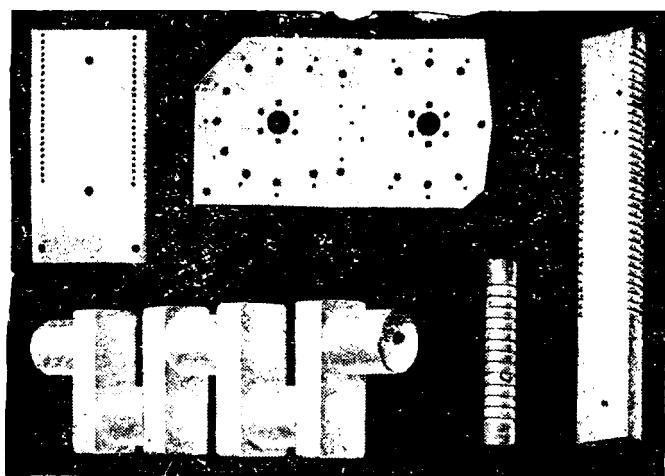
керамический материал, разрешивший проблему изоляции.

Mycalex обрабатывается механически так же легко, как мягкая сталь

Детали, указанные на рисунке, сработаны на наших заводах при помощи обыкновенных быстрорежущих резцов

В числе наших крупных покупателей значатся:

Admiralty	Radio Corporation of America
Air Ministry	Dutch Government Radio
Post Office	U.S.A. Admiralty Dept.
War Office	Westinghouse Electric & Manufacturing Co., U.S.A.
British Broadcasting Corporation	Aeronautical & General Instruments, Ltd.
British Thomson-Houston Co., Ltd.	Baird Television, Ltd.
Crompton Parkinson, Ltd.	Dubilier Condenser Co., Ltd.
General Electric Co., Ltd.	Ferranti, Ltd.
Marconi's Wireless Telegraph Co., Ltd. and Associated Companies	National Physical Laboratory, Teddington
Metropolitan-Vickers Electrical Co., Ltd.	Plessey Co., Ltd.
A.E.G. Germany	Standard Telephones and Cables, Ltd., and Associated Companies
General Electric Company of America	H. W. Sullivan, Ltd.
Ministry of Marine, France	Telegraph Condenser Co., Ltd.
Philips Radio Holland	Western Electric Co., Ltd.



MYCALEX

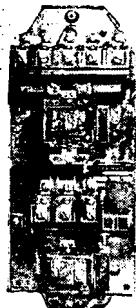
MYCALEX (Parent) Co. Ltd.
100, VICTORIA STREET, LONDON, S.W.1, АНГЛИЯ



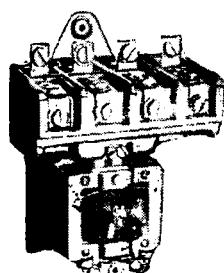
ВЕТМ

ХАРЬКОВСКИЙ ЗАВОД СТАНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОАППАРАТУРЫ „ЭЛЕКТРОСТАНОК“

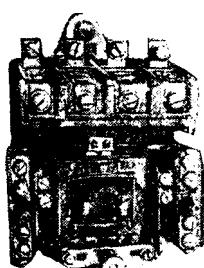
ХАРЬКОВ, ул. Котлова, 106, тел. 3-16-44



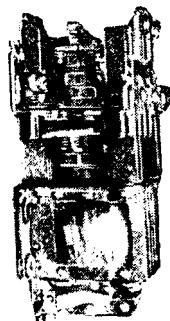
Ф. 1



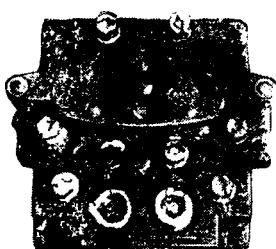
Ф. 2



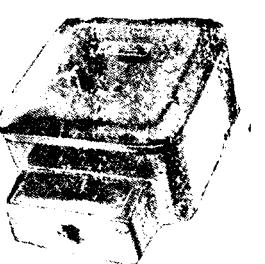
Ф. 3



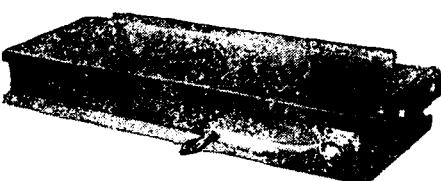
Ф. 4



Ф. 5



Ф. 6



Ф. 7

I. ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ МАГНИТНЫЙ СКОРОСТНОЙ типа НМС-1012

Магнитный скоростной переключатель предназначен для переключения полюсов 2-скоростных электродвигателей переменного 3-фазного тока мощностью до 3 квт.

Переключатель может быть применен в цепях с напряжением до 380 вольт.

II. ПУСКАТЕЛЬ МАГНИТНЫЙ типа ПМ-1112

Предназначается, главным образом, для включения электродвигателей 3-фазного переменного тока мощностью до 3 квт. с напряжением до 380 вольт.

Задача от перегрузки электродвигателей осуществляется 2-полюсным тепловым реле с легкоплавким сплавом.

III. КОНТАКТОР МАГНИТНЫЙ 3-ФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА типа КТ-1310

Контактор предназначен для работы в цепях переменного тока до 10А с напряжением до 380 вольт.

Контактор допускает 400 включений в час.

IV. РЕЛЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ типа РП-3136

Реле предназначается для работы в командо-цепях на максимальную нагрузку до 5А переменного тока с напряжением до 380 вольт.

V. КНОПОЧНЫЙ РУЧНОЙ ПУСКАТЕЛЬ типа ПК-1931

Применяется для управления электродвигателем 3-фазного переменного тока мощностью до 1 квт.

Задача от перегрузки осуществляется тепловыми элементами с легкоплавким сплавом. Пускател включается непосредственно в сеть с напряжением до 380 вольт.

VI. АППАРАТ МЕСТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ типа АМО

Применяется для рационального освещения рабочих поверхностей на металорежущих станках.

Аппарат состоит из понижающего трансформатора, 2-полюсного выключателя и предохранителей, помещенных в железном кожухе.

Завод изготавливает аппараты АМО мощностью 50 и 100 ватт с первичным напряжением 220, 380 или 500 вольт и вторичным — 12 или 36 вольт.

VII. МАГНИТНАЯ ПЛИТА С ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ типа ПМ-4231

Плита предназначается для крепления обрабатываемых деталей: при шлифовке, стружке, фрезеровке, шабровке и других обработках.

Крепление деталей производится поворотом рукоятки в сторону „Включено“. Плита не требует источника тока и совершенно не боится влаги. Габаритные размеры 615×206×90 мм. Удельное притяжение плиты — до 9 кг/см².

