

6П2.13
Ф 88

Д. Х.

Библиотека ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

И. А. Фридкин

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 1-35 кВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

С 1165306

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая часть	3
2. Техническая документация, порядок приемки и ввода кабельной линии в эксплуатацию	5
А. Объем и содержание технической документации, составляемой при вводе кабельной линии в эксплуатацию	5
Б. Порядок приемки и ввода кабельной линии в эксплуатацию	7
3. Определение допустимой длительной токовой нагрузки на кабельную линию	11
4. Контроль за нагрузками кабельных линий	24
5. Корректировка допустимых нагрузок по нагреву	30
6. Блуждающие токи, их измерение и способы защиты металлических оболочек кабеля от электролитической коррозии	34
7. Профилактические испытания кабельных линий	41
А. Общая часть	41
Б. Методы профилактических испытаний изоляции кабельных линий	42
В. Организация профилактических испытаний, нормы, периодичность и порядок испытания кабельных линий	50
Г. Проверка степени осущенния изоляции кабелей на вертикальных и крутонаклонных участках трассы	53
8. Ремонт кабельных линий	53
А. Общая часть	53
Б. Порядок, объем и содержание ремонта кабельной линии	62
9. Организация охраны кабельных линий	69
А. Задачи охраны кабельных линий	69
Б. Обход и осмотр трасс кабельных линий	70
В. Допуски и надзор за раскопками на трассах и вблизи кабельных линий	74
Г. Информация населения, домоуправлений, строительных и других организаций	78
10. Техническая документация и учет состояния эксплуатации кабельных линий	80
<i>Приложения</i>	82

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск III

6п2.13
Op 88

И. А. ФРИДКИН

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

1—35 кв

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА

1964

ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В.,
Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

ЭЭ-3-3

УДК-621.315.211.004.13

Ф 88

В брошюре рассматриваются приемка кабельных линий в эксплуатацию, режимы работы кабельных линий, профилактические испытания и ремонтные работы. Описаны мероприятия по снижению потерь в сетях.

Брошюра рассчитана на электромонтеров, работающих в кабельных электросетях.

С.11653306.

Фридкин Иосиф Аронович. Эксплуатация кабельных линий 1²—35 кв.
М. — Л., издательство «Энергия», 1964
88 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып. III.)
Тематический план 1963, № 285

* * *

Редактор А. Л. Фаерман

Тех. редактор Ларионов Г. Е.

Сдано в набор 5/IX 1963 г.

Подписано к печати 17/XII 1963 г.

Т-17401

Бумага 84×108^{1/2}

4,51 п. л.

Уч.-изд. л. 4,7

Тираж 21 000 экз.

Цена 16 коп.

Заказ 506

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Шлюзовая наб., 10.

0.3.

Государственная публичная
библиотека
им. В. Г. Белинского
г. Вердловск

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Повреждения электрических кабельных линий приводят обычно к прекращению подачи электроэнергии, что наносит большой ущерб народному хозяйству.

Изготавляемые нашей промышленностью по ГОСТ 340-59 и 6515-55 силовые кабели имеют высокое качество и по запасам электрической прочности могут работать надежно и долговечно.

Анализ причин повреждаемости кабелей показывает, что электрический пробой изоляции в абсолютном большинстве случаев является следствием дефектов, допущенных либо при прокладке кабеля и монтаже муфт, либо в процессе эксплуатации.

Высокое качество работ при монтаже кабелей, а также правильная организация их эксплуатации являются основными условиями надежной работы кабельной линии.

Поэтому Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей предъявляются следующие требования к сооружению кабельных силовых линий:

а) к прокладке кабеля и монтажу муфт могут допускаться только специализированные строительно-монтажные организации, имеющие опытный и знающий кабельное дело персонал;

б) прокладку и монтаж кабельных линий напряжением 3 кв и выше, передаваемых затем в эксплуатацию энергосистеме, разрешается производить только лицам, имеющим на это разрешение энергосистемы;

в) на весь период прокладки кабеля и монтажа муфт со стороны эксплуатационного персонала устанавливается технический надзор, в задачу которого входит контроль качества работ, соблюдения требований Правил устройства электроустановок (ПУЭ), выполнения технологического процесса монтажа муфт, а также про-

верка соответствия и правильности оформляемой монтажной организацией технической документации.

Представитель эксплуатирующей организации, осуществляющий технический надзор, выполняет:

По технической документации — проверяет у производителя работ наличие допуска и разрешение от энергосистемы на право прокладки и монтажа кабельных линий, состояние проекта кабельной линии, возможность перенесения проектируемой трассы на местность, наличие технических условий и согласований, определяющих порядок, сроки и способы ведения работ, производства раскопок в местах сближения и пересечения сооружаемой траншеи с действующими кабельными линиями, устройства переходов через водные, шоссейные и железнодорожные пути, сближения и пересечения с трубопроводами, кабелями связи и пр.;

участвует в оформлении актов на подготовку траншей, переходов, прокладку кабеля, подогрев кабеля в случае его прокладки при температуре ниже нуля, осмотр кабеля на барабанах;

участвует и контролирует правильность составления эскиза прокладки кабеля и кабельного журнала.

По строительной части проекта — проверяет правильность геодезической разбивки трассы и перенесения ее в соответствии с проектом на местность, размеры выполненной траншеи по ширине, глубине (с учетом отметки планировки), радиусы закругления в местах изменения направления трассы, соответствие размеров отметок дна, верха перекрытия люка, установку закладных частей, качество гидроизоляции при сооружении колодцев или туннелей, соответствие размеров отметок, уклонов, блочной канализации, расстояния между трубами в блоке, совпадения каналов, отсутствие ступенек и задиров в местах соединения труб, а также правильность устройства и гидроизоляции стыков.

При прокладке кабеля — осуществляет приемку траншей, переходов через проезды улиц, трамвайные и железнодорожные пути, а также приемку строительных сооружений, как-то: колодцев и блочной канализации;

роверяет качество «постели», наличие мягкого грунта для подсыпки, бетонных плит или кирпича для защиты кабелей;

дает разрешение на прокладку кабеля и наблюдает за установкой барабана кабеля, его размоткой, подогревом при температуре ниже нуля, соблюдением допустимых радиусов изгиба, укладкой его в траншею;

контролирует усилия тяжения по динамометру при затягивании кабеля в трубы и блоки, а также состояние каналов до протягивания кабеля;

проверяет правильность размещения и укладки кабеля в траншее, в предусмотренном проектом канале блока или на каждой опорной конструкции в туннеле, соблюдение расстояний в местах сближений и пересечений с другими кабельными линиями и трубопроводами, соответствие и качество подсыпки, правильность укладки для защиты от механических повреждений кирпича или плит над кабелем, тщательность трамбовки и уплотнения грунта после засыпки трашей.

При монтаже муфт — проверяет наличие удостоверения на право монтажа муфт у производителя работ, состояние инструмента и наличие необходимых приспособлений, комплектность материалов, соответствие гарнитуры для монтируемых конструкций муфт; контролирует проверку монтируемых концов кабеля на отсутствие влаги, соответствие размеров разделки, последовательность и качественное выполнение технологических операций при выполнении соединения, оконцевания, изолирования, герметизацию мест выполняемого соединения и оконцевания.

2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, ПОРЯДОК ПРИЕМКИ И ВВОДА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

А. Объем и содержание технической документации, составляемой при вводе кабельной линии в эксплуатацию

Техническая документация на кабельную линию состоит из документации, передаваемой строительно-монтажной организацией к моменту предъявления линии к сдаче в эксплуатацию, и документации, составляемой эксплуатационным персоналом ко времени ввода линии в эксплуатацию.

К первой части относятся:

а) проект кабельной линии со всеми согласованиями и перечнем всех отклонений от проекта с указанием

причин, кем и когда эти отклонения были согласованы;

б) исполнительные чертежи трассы со всеми привязками линии и муфт к капитальным сооружениям или специально установленным ориентирам (вешкам) в масштабе 1:500 или 1:200 по указанию эксплуатирующей организации;

в) кабельный журнал при напряжении линии выше 1 000 в;

г) акты на скрытые работы, как-то: на осмотр кабеля, проложенного в траншее, устройство постели, подсыпки и защиты от механических повреждений, соответствие расстояний в местах сближений и пересечений со всеми подземными сооружениями, а также на смонтированные соединительные муфты;

д) акты состояния кабеля на барабанах и его нагрева перед прокладкой при температуре ниже нуля;

е) протоколы заводских испытаний кабеля и испытаний повышенным напряжением постоянного тока после прокладки кабеля и монтажа муфт.

К моменту ввода линии в эксплуатацию эксплуатационным персоналом заводится следующая документация:

1. Паспорт кабельной линии, содержащий следующие основные сведения:

а) общие данные линии, а именно: ее диспетчерский номер или наименование, длина и дата ввода в эксплуатацию;

б) технические данные линии, как-то: марка, сечение и напряжение кабеля, номера барабанов и строительные длины кабелей, даты прокладки отдельных строительных длин линии и монтажа муфт с указанием номеров пикетов или других ориентиров, фамилии ответственного лица за прокладку, производителя работ, монтировавшего муфты, а также представителя технического надзора;

в) эксплуатационные данные линии — сведения о приемо-сдаточных и последующих испытаниях линии в процессе эксплуатации; режимная характеристика линии; сведения о земляных работах на трассе, ремонтах линии при повреждениях или ее реконструкции,

2. Точный план трассы линии, отражающий местоположение кабеля на местности в масштабе 1 : 500 или 1 : 200 в зависимости от заполнения плана действующими кабельными линиями.

Для большей наглядности и удобства ориентировки на плане изображаются лишь внешние контуры существующих зданий. Кабели наносятся линией вдоль контура существующих зданий на расстоянии, соответствующем принятому масштабу плана.

Каждая кабельная линия, проложенная в земле, наносится на план своим условным обозначением (цветом), который устанавливается в зависимости от напряжения линии и ее назначения (питающая линия напряжением выше 1 000 в, распределительная линия напряжением выше 1 000 в, линии напряжением до 1 000 в).

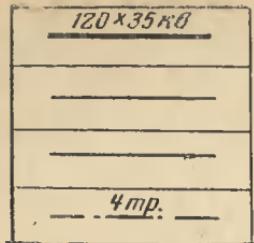
Прокладка кабелей в усовершенствованной канализации (блоках и туннелях) имеет свои условные обозначения. Точный план обычно выполняется на плотной чертежной бумаге размерами 500×500 мм (планшетка). Для использования в линейных условиях применяются копии с точного плана, выполняемые на полотняной кальке или светокопии. Рекомендуемые условные обозначения кабелей и их сооружений в точных планах приведены на рис. 1.

Б. Порядок приемки и ввода кабельной линии в эксплуатацию

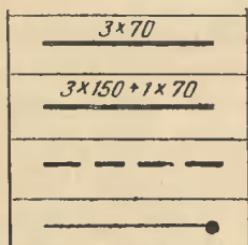
После окончания всех строительных и монтажных работ кабельная линия предъявляется строительно-монтажной организацией к сдаче. Для приемки линии и ее сооружений в эксплуатацию организуется комиссия, в которую входят представители монтажной организации и эксплуатации, включая лицо, выполнившее технический надзор за работами.

Для приемки строительных сооружений линии в состав комиссии вводится специалист-строитель.

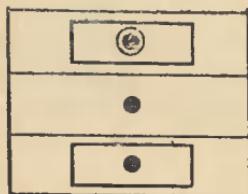
К моменту предъявления линии к сдаче представитель строительно-монтажной организации предъявляет комиссии техническую документацию, перечень которой был приведен выше. Приемо-сдаточный акт оформляется после устранения всех выявленных комиссией недостатков и готовности линии для включения под нагрузку.



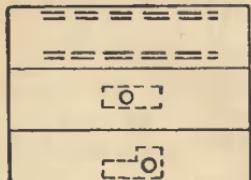
- кабельная линия 35 кв (красная).
- питающая линия 6—10 кв (желтая).
- распределительная кабельная линия 6—10 кв (коричневая).
- кабельная линия в блочной канализации. количество труб указано над линией (синяя).



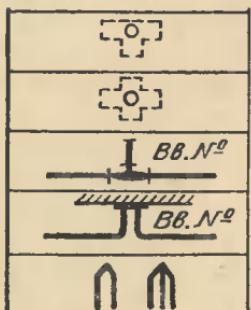
- трехжильная линия низкого напряжения (красная).
- четырехжильная кабельная линия низкого напряжения (красная).
- кабельная линия других организаций (черная).
- кабельная линия не смонтирована. Цвет линии — по напряжению и назначению.



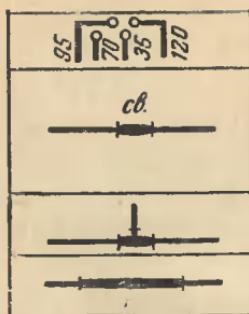
- распределительная подстанция. Цвет линии окружности — желтый, ядра — черный.
- трансформаторная подстанция внутри здания (черный).
- трансформаторная подстанция отдельно стоящая.



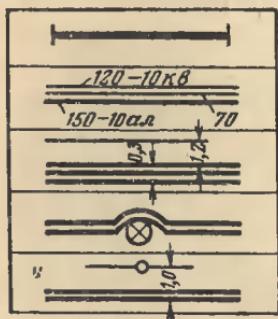
- коллектор-туннель (черный).
- кабельный колодец проходной (черный).
- кабельный колодец угловой (черный).



- кабельный колодец Т-образный (черный).
- кабельный колодец крестообразный (черный).
- тупиковое вводное устройство на трех- и четырехжильных кабельных линиях низкого напряжения. Цвет линии и вводного устройства — красный.
- петлевое вводное устройство на трех- и четырехжильных кабельных линиях низкого напряжения. Цвет линии и вводного устройства — красный.
- соединительные пункты на двух и трехкабельных линиях низкого напряжения (красный).



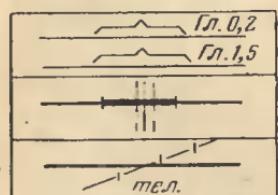
- поперечный разрез вводов кабелей в трубах в стены здания подстанции, колодцев и пр. Цвет труб — черный, кабелей — по назначению.
- соединительная муфта на кабельных линиях высокого и низкого напряжений. Цвет муфты — черный, цвет линии — по назначению и напряжению. Около муфты ставится условное обозначение: чуг. — чугунная, св. — свинцовая, б/з — беззажимная.
- Вводная муфта на трех- и четырехжильных кабельных линиях низкого напряжения (чериый). Цвет линии — красный.
- кабельная линия в трубе (черная). Цвет линии — по назначению и напряжению.



- резервная труба для кабельных линий (черная).
- обозначение сечений, конструктивного напряжения и материала жил отдельных кабелей в пучке.
- нанесение координат пучка кабельных линий.
- обход колодца кабельными линиями.
- столб и расстояние от него до кабелей.



- вешка, устанавливается в том случае, когда нет других постоянных ориентиров.
- репер.



- кабель, лежащий на ненормальной глубине.
- пересечение кабеля с теплосетью.
- пересечение кабеля с телефонным кабелем.

Рис. 1. Рекомендуемые условные обозначения кабельных линий и других сооружений для составления исполнительных планов.

После приемки кабельной линии эксплуатирующая организация оформляет паспорт кабельной линии. На точный план трасса линии наносится к моменту предъявления ее к сдаче в эксплуатацию.

К этому моменту линии присваивается диспетчерский номер или наименование. Для обеспечения условий диспетчерского управления и удобства ведения эксплуатации необходимо руководствоваться следующими принципами маркировки кабелей:

1. Этикетка у концевой муфты должна указывать то распределительное устройство центра питания (ЦП), распределительного пункта (РП), трансформаторной подстанции (ТП) или оборудование, от которого кабель проложен и к которому присоединен.

2. Если между распределительным устройством проложены две или более линий, то каждой из них присваивается тот же номер с добавлением букв А, Б, В или альфа, бета, гамма и т. д.

3. Если кабельная распределительная линия заходит в промежуточные распределительные устройства (РУ), где присоединение ее осуществлено без применения коммутационной аппаратуры, т. е. одноименные фазы, выходящие из двух концевых муфт кабелей, присоединены под один болт, то наименование кабеля должно включать в себя, помимо номера последнего РУ, также и номера промежуточных РУ.

4. Питающим кабельным линиям, заходящим в промежуточные РУ трансформаторных подстанций без применения коммутационной аппаратуры, присваивается номер первой ТП, в которую заходит эта линия. Присвоенная кабельным линиям нумерация должна быть отражена на исполнительных чертежах трассы линии (точных планах), а также технических паспортах линий.

К моменту включения кабельная линия наносится эксплуатационным персоналом на оперативные рабочие схемы электрических соединений и вносятся необходимые изменения в технические паспорта распределительных устройств.

До включения эксплуатационным персоналом проводятся следующие дополнительные испытания линий:

- 1) определение целости токопроводящих жил;
- 2) фазировка жил по фазам «в холодную», а после

включения под напряжение (до включения под нагрузку) «в горячую»;

3) испытание повышенным напряжением постоянного тока шестикратным для кабелей напряжением 3—10 кв и пятикратным для кабелей 20—35 кв.

При возникновении каких-либо сомнений в состоянии изоляции кабельная линия может быть испытана по специальной расширенной программе с участием лаборатории сетевого предприятия.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ДЛИТЕЛЬНОЙ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ НА КАБЕЛЬНУЮ ЛИНИЮ

Правилами технической эксплуатации требуется, чтобы для каждой кабельной линии при вводе ее в эксплуатацию были установлены максимальные токовые нагрузки. Это требование определяется тем, что недопустимая перегрузка кабельной линии может вызвать перегрев изоляции, ее преждевременное старение, а затем и повреждение в результате электрического пробоя.

Поэтому токовые нагрузки на кабельные линии устанавливаются такими, чтобы нагрев токопроводящих жил не превышал определенных значений и, следовательно, возможность перегрева изоляции была бы исключена.

Действующим ГОСТ установлены следующие максимально допустимые значения температур для токопроводящих жил:

Для кабелей 1—3 кв . . .	80°С
" " 6 кв . . .	65°С
" " 10 кв . . .	60°С
" " 20—35 кв . . .	50°С

В режиме короткого замыкания согласно Правилам устройства электроустановок допускается кратковременное повышение температуры токопроводящих жил до 250° С для кабелей напряжением до 10 кв и не более 175° С для кабелей 20—35 кв.

Мощность P , переходящая в тепло Q , которое выделяется в токопроводящих жилах трехфазного кабеля, составляет:

$$P = Q = 3I^2R, \text{ вт},$$

где I — величина тока, a ;

R — сопротивление жилы, Ω .

Таким образом, чем выше токовая нагрузка кабеля, тем выше поднимается температура токопроводящих жил. Однако с повышением температуры кабеля одновременно повышается разность температур между кабелем и средой, где он проложен. Чем выше разность, тем интенсивнее будет происходить отдача тепла в окружающую среду.

В какой-то момент разность температур достигнет величины, при которой все выделяемое тепло будет переходить в окружающую среду и температура токопроводящих жил больше повышаться не будет, т. е.

$$Q = \frac{t_{ж} - t_{ср}}{\Sigma S}.$$

Приведенное выражение называется тепловым законом Ома. Разность температур жилы и среды $t_{ж} - t_{ср}$ в нем соответствует разности потенциалов, количество тепла Q — величине тока, а тепловое сопротивление кабеля и окружающей среды S — сопротивлению электрического тока. Общее тепловое сопротивление кабеля S складывается из сопротивлений тепловому потоку изоляции кабеля и защитных покровов $s_{каб}$ и внешней среды, окружающей кабель (земли, воздуха), $s_{вн}$.

Чем меньше сопротивления оказывается тепловому потоку, тем интенсивнее будет происходить отдача тепла во внешнюю среду, тем ниже будет температура токопроводящей жилы и тем большую нагрузку можно допустить на кабель.

Поэтому кабель, проложенный в проточной воде, находится в наиболее благоприятных в отношении теплового режима условиях работы. Вода обеспечивает наилучшие условия отвода тепла с поверхности кабеля во внешнюю среду, и сопротивление тепловому излучению в этом случае практически равно нулю.

Зная допустимые по ГОСТ температуры нагрева токопроводящих жил, можно определить и величину допустимого для кабеля тока:

$$Q = I^2 R n = \frac{t_{ж} - t_{ср}}{s_{каб} + s_{вн}},$$

откуда

$$I_{\text{доп}} = V \frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ср}}}{Rn(s_{\text{каб}} + s_{\text{вн}})},$$

где $t_{\text{доп}}$ — допустимая по ГОСТ температура для кабеля;

$t_{\text{ср}}$ — температура среды, где кабель проложен;

n — число жил кабеля;

$s_{\text{каб}} + s_{\text{вн}}$ — общее сопротивление тепловому излучению в тепловых омах*.

Таким образом, допустимая на кабель нагрузка обратно пропорциональна $\sqrt{S_{\text{общ}}} = \sqrt{s_{\text{каб}} + s_{\text{вн}}}$, т. е. тепловому сопротивлению кабеля и тепловому сопротивлению внешней среды (земли или воздуха). Тепловое сопротивление кабеля не является величиной постоянной и возрастает в процессе эксплуатации кабеля в связи с высыханием изоляции и наружных покровов. Тепловое сопротивление земли зависит от состава грунта и его влажности.

Опытные данные показывают, что для средних и больших сечений тепловое сопротивление изоляции и покровов кабеля составляет 30—35% общего теплового сопротивления кабеля и внешней среды. Теплоотдача в землю или в воздух является таким образом решающей при определении допустимой нагрузки на кабель.

Выполнение расчетов допустимых токовых нагрузок в каждом отдельном случае сложно и требует больших затрат времени и труда, поэтому в Правилах устройства электроустановок приведены допустимые токовые нагрузки в зависимости от сечения, напряжения и условий прокладки кабеля, подсчитанные для приведенных выше предельно допустимых температур токопроводящих жил по ГОСТ и нижеследующих расчетных температур среды:

а) $+15^{\circ}\text{C}$ — при прокладке кабеля в земле на глубине 0,7—1 м;

б) $+25^{\circ}\text{C}$ — для условий прокладки в воздухе, как-то: в трубах, каналах, туннелях;

в) $+15^{\circ}\text{C}$ — для прокладки в воде.

* Тепловое сопротивление принимается равным одному тепловому ому, если при прохождении в течение 1 сек через 1 см^3 какого-либо вещества мощности теплового потока, равной 1 вт, между стенками кубика, расположенного перпендикулярно потоку, получается падение температуры, равное 1°C .

Таблица 1

Допустимые длительные токовые расчетные нагрузки для кабелей с медными (в числите) и алюминиевыми (в знаменателе) жилами с нестекающей и маслоканифольной нормальной пропитанной бумажной изоляцией в свинцововой или алюминиевой оболочке в зависимости от условий прокладки

Среднее токоподводо- вание, Mm^2	Токовые нагрузки кабелей, а																			
	Четырехжильных					трехжильных														
	до 1 000 в	до 3 000 в	до 6 000 в	до 10 000 в	до 10 000 в	в земле, +15	в воздухе, xe, +25	в воде, +15	в земле, +15	в воздухе, xe, +25	в воде, +15	в земле, +15	в воздухе, xe, +25	в воде, +15						
Условия прокладки кабеля и температура среды, °С																				
1,5	—	—	—	—	—	30/31	18/22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	—	—	—	—	—	40/42	28/22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	50/55	35/35	—	—	—	55/42	37/29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	60/65	45/45	—	—	—	70/55	45/35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	85/90	60/60	—	—	—	95/75	60/46	120/90	80/60	55/43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	115/115	100/75	—	—	—	120/90	87/60	155/120	105/80	65/50	135/105	95/75	—	—	—	—	—	—	—	—
25	150/115	100/75	—	—	—	160/125	105/80	210/160	136/105	90/70	170/130	120/90	55/39	—	—	—	—	—	—	—
35	175/135	120/95	—	—	—	190/145	125/95	250/190	160/125	110/85	205/160	150/115	60/46	120/90	85/65	—	—	—	—	—
50	215/165	145/110	—	—	—	235/180	155/120	305/235	200/155	145/110	255/195	180/140	135/105	180/140	135/105	—	—	—	—	—
70	265/200	185/140	—	—	—	285/220	200/155	375/290	245/190	175/135	310/240	215/165	160/130	220/170	220/170	—	—	—	—	—
95	310/240	215/165	—	—	—	340/260	245/190	440/340	295/225	215/165	375/290	265/205	200/155	275/210	275/210	—	—	—	—	—
120	350/260	260/—	—	—	—	390/300	285/220	505/390	340/260	250/190	430/330	310/240	240/185	340/260	340/260	—	—	—	—	—
150	395/340	300/340	—	—	—	435/335	330/255	565/435	390/300	290/225	500/385	355/275	270/210	450/375	450/375	—	—	—	—	—
185	450/440	—	—	—	—	490/380	375/290	615/475	440/340	325/250	545/420	400/310	305/235	510/390	510/390	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	—	570/440	430/330	715/550	510/390	375/290	625/480	460/355	350/270	585/450	585/450	—	—	—	—	—

Таблица 2
Допустимые длительные токовые расчетные нагрузки для трехжильных кабелей с медными (в числителе) и алюминиевыми (в знаменателе) жилами с обедненно-пропитанной изоляцией в зависимости от условий прокладки

Сечение токопроводящих жил, мм^2	Токовые нагрузки кабелей, а					
	Для кабелей с отдельно освинцованными жилами			Для кабелей с поясной изоляцией		
	6 000 в	10 000 в	6 000 в	6 000 в	6 000 в	6 000 в
Максимально допустимая температура жил, $^{\circ}\text{С}$						
	65		60		65	
Условия прокладки кабеля и температура среды, $^{\circ}\text{С}$						
	в земле, +15	в воздухе, +25	в земле, +15	в воздухе, +25	в земле, +15	в воздухе, +25
16	90/70	80/6	—	—	90	65
25	125/95	105	110	100	120	90
35	155/120	125	130	120	145	110
50	185/140	150	160	145	180	140
70	225/175	190	200	180	220	170
95	275/210	230	250	220	265	210
120	310/240	265	—	—	310	245
150	—	—	—	—	355	290

Таблица 3
Допустимые длительные токовые расчетные нагрузки для кабелей с отдельно освинцованными медными (в числителе) и алюминиевыми (в знаменателе) жилами с бумаго-пропитанной изоляцией в зависимости от условий прокладки

Сечение токопроводящих жил, мм^2	Токовые нагрузки трехжильных кабелей на напряжение					
	20 000 в			35 000 в		
	Максимально допустимая температура жил, $^{\circ}\text{С}$					
	50		50		50	
Условия прокладки кабеля и температуры среды, $^{\circ}\text{С}$						
	в земле, +15	в воздухе, +25	в воде, +15	в земле, +15	в воздухе, +25	в воде, +15
25	110/85	85/65	120/90	—	—	—
35	135/105	100/75	145/110	—	—	—
50	165/125	120/90	180/140	—	—	—
70	200/155	150/115	225/175	195/150	210/160	145/110
95	240/185	180/140	275/210	235/180	255/195	180/140
120	275/210	205/160	315/245	270/210	290/225	205/160
150	315/240	230/175	370/270	310/240	—	230/175
185	355/240	265/205	390/300	—	—	260/—

Таблица 4

Поправочные коэффициенты на температуры почвы и воды

Для кабелей, работающих с максимальной допустимой температурой жил, °С	Значение поправочного коэффициента при температуре почвы и воды, °С									
	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,0	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,0	0,93	0,81	0,76	0,66	0,54

При расчете величины теплового сопротивления при прокладке кабелей в земле удельное сопротивление грунта принимается равным 120, а воздуха — 1 100—1 200 тепловых $ом \cdot см$.

Как видно из приведенных таблиц, наибольшая величина допустимой нагрузки приходится на кабели, проложенные в воде, меньшая — в земле и наименьшая у аналогичных кабелей, проложенных в воздухе.

Допустимая нагрузка на кабельную линию, устанавливаемая по приведенным таблицам, определяется по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина участка составляет не менее 10 м.

Токовые нагрузки, приведенные в таблицах, предусматривают прокладку одиночных кабелей в нормальной среде, т. е. в земле на глубине 0,7—1 м при температуре почвы, равной 15° С, и в воздухе — при температуре, равной 25° С.

Поправочные коэффициен

Для кабелей, работающих с максимальной допустимой температурой, °С	Значение поправочного коэффициента при температуре воздуха, °С					
	-25	-20	-15	-10	-5	0
80	1,38	1,35	1,31	1,28	1,24	1,20
65	1,5	1,46	1,41	1,36	1,32	1,27
60	1,56	1,51	1,46	1,41	1,36	1,31
50	0,73	1,67	1,61	1,55	1,48	1,41

Однако на глубине 0,7—1 м такая температура в средней полосе СССР бывает лишь в июне, июле, августе и сентябре. В январе, феврале и марте температура почвы на этой глубине составляет порядка 0° С, в апреле и ноябре +5° С, а в мае и октябре +10° С.

Поэтому при определении в условиях эксплуатации допустимых длительных токовых нагрузок на кабели при температурах среды, отличных от приведенных в таблицах, применяются поправочные коэффициенты.

При определении допустимых нагрузок с учетом поправочных коэффициентов необходимо учитывать, что под температурой почвы следует понимать максимальную среднемесячную температуру почвы на уровне прокладки в данном районе, а при прокладке в воздухе — наибольшую среднюю суточную температуру в месте прокладки.

При отсутствии этих данных расчетную температуру почвы принимают равной +15° С, а воздуха — соответственно +25° С.

Как указано выше, приведенные в таблицах расчетные токовые нагрузки предусматривают работу одиночного кабеля, проложенного в траншее.

При прокладке в общей траншее нескольких кабелей эти токовые нагрузки необходимо уменьшить из-за взаимного подогрева кабелей.

Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей до шести применяются в одинаковой мере для кабелей, как лежащих рядом в земле, так и проложенных в трубах, при этом резервные из числа работающих и рядом проложенных кабелей не учитываются.

Таблица 5
коэффициенты на температуру воздуха

коэффициента при температуре
х, °С

+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,90	0,85
1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79
1,25	1,20	1,13	1,07	1,0	0,93	0,85	0,76
1,34	1,26	1,18	1,09	1,0	0,89	0,78	0,63

Таблица 6

Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей, лежащих рядом непосредственно в земле или в трубах

Расстояние между кабелями, мм	Число кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,9	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Длительно допустимая нагрузка на одиночные кабели, проложенные в земле в трубах (без вентиляции), принимается, как для аналогичных кабелей, проложенных в воздухе.

Пользуясь таблицами, произведем для примера расчет максимально допустимой токовой нагрузки питающей кабельной линии марки АСБ сечением $3 \times 185 \text{ мм}^2$, напряжением 10 кв, проложенной в земле в пучке с другими кабелями:

1. Из табл. 1 находим максимально допустимый ток для кабеля с алюминиевыми жилами сечением 185 мм^2 , равный 310 а.

2. Определяем поправочные коэффициенты:

а) принимая число проложенных работающих кабелей в траншее равным 6 и расстояние между ними в свету 100 мм, находим по табл. 6 величину коэффициента $k_1 = 0,75$;

б) величину коэффициентов k_2 принимаем равной 1,15—1,12 или 1,06 в зависимости от температуры почвы в расчетные месяцы года.

Таким образом,

$$I_p = I_d k_1 k_2,$$

где I_p — расчетный максимально допустимый ток нагрузки;

I_d — максимально допустимый ток нагрузки для одиночного кабеля, проложенного в земле по таблице;

k_1 — поправочный коэффициент на число кабелей;

k_2 — поправочный коэффициент на температуру почвы.

Подставив числовые значения, получим:

$$I_p = 310 \cdot 0,75 \cdot 1,15 = 266 \text{ а}$$

для месяцев январь, февраль и март, когда температура почвы, где проложен кабель, составляет 0° С.

Для кабелей, проложенных в воздухе (коллекторах, туннелях, каналах),

$$I_p = I_{\text{ном}} k_5,$$

где $I_{\text{ном}}$ — максимально допустимый ток для кабеля, проложенного в воздухе (по табл. 1);

k_5 — поправочный коэффициент на температуру воздуха, выбираемый по табл. 5.

Таким образом, для аналогичного кабеля сечением $3 \times 185 \text{ мм}^2$ марки АСБ на напряжение 10 кв, проложенного в туннеле, работающего при температуре 0° С, длительно допустимая нагрузка составит:

$$I_p = I_{\text{ном}} k_5 = 235 \cdot 1,31 = 308 \text{ а.}$$

При прокладке кабельных линий допустимые длительные токовые нагрузки, как указано выше, определяются по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина его составляет не менее 10 м.

По этой причине допустимые нагрузки большинства кабельных линий, проложенных в земле, устанавливаются расчетом, как для кабелей, проложенных в воздухе, так как в условиях города и промышленного предприятия пересечение кабельными линиями проездов улиц, трамвайных и железнодорожных путей выполняется в трубах.

Эти небольшие участки трассы с наихудшими тепловыми условиями обычно имеют длину более 10 м и, таким образом, ограничивают пропускную способность всей линии.

При определении нагрузок для таких участков допустимая нагрузка, принятая по нормам для кабелей, проложенных в воздухе, должна быть пересчитана со среднерасчетной температуры воздуха 25° С на среднерасчетную температуру грунта 15° С по формуле

$$I_{y\chi} = I_B k = I_B \sqrt{\frac{t_{\chi} - 15}{t_{\chi} - 25}},$$

где $I_{\text{в}}$ — допустимая нагрузка для кабеля, проложенного в трубе, воздухе по табл. 1;

$t_{\text{ж}}$ — допустимая температура нагрева жил для данного номинального напряжения кабеля.

В табл. 7 приведены значения коэффициентов k для кабельных линий напряжением 3—35 кв.

Таблица 7

Значения поправочных коэффициентов k

Номинальное напряжение кабеля, кв	3	6	10	20—35
Значение коэффициента k	1,09	1,12	1,14	1,18

Приведенные коэффициенты применяются для кабелей, проложенных в асбестоцементных и других изолирующих трубах.

В случае прокладки кабелей в металлических трубах нагрузки могут быть дополнительно увеличены для кабелей сечением до 70 мм^2 на 4—5%, а для кабелей 3×95 мм^2 и более на 7—8%.

При смешанной прокладке кабельной линии в земле и в воздухе (каналах, туннелях и коллекторах) величина коэффициента загрузки участка линии, проложенной в воздухе, легко может быть определена ориентировочно с помощью nomограммы, приведенной в приложении 1.

В городских сетях с номинальным рабочим напряжением 6 кв в ряде случаев прокладываются кабельные линии с конструктивным напряжением 10 кв, учитывая перспективу перевода нагрузок этих линий с 6 на 10 кв.

Если установить нагрузку на такие кабели по их номинальному напряжению, то пропускная способность линии не будет полностью использована. Если же установить нагрузку на линии по рабочему напряжению, кабель будет перегружаться. Поэтому допустимая нагрузка линии в этих случаях должна быть пересчитана по следующей формуле:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{ном}} K = I_{\text{ном}} \sqrt{\frac{t_{\text{раб}} - t_{\text{окр}}}{t_{\text{ном}} - t_{\text{окр}}}},$$

где $I_{\text{ном}}$ — допустимая нагрузка кабеля в соответствии с его напряжением;

$t_{\text{раб}}$ — температура жилы, допустимая для кабеля, при рабочем напряжении сети;

$t_{\text{ном}}$ — температура жилы, допустимая для кабеля, работающего при номинальном напряжении;

$t_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды, (грунта воздуха).

Значения коэффициента K для линий, проложенных в земле и в воздухе, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Поправочные коэффициенты K

Рабочее напряжение кабеля, кв	Номинальное напряжение кабеля, кв							
	для линий, проложенных в земле				для линий, проложенных в воздухе			
	2	6	10	20	3	6	10	20
3	1,00	1,14	1,20	—	1,00	1,17	1,25	—
6	0,88	1,00	1,06	—	0,85	1,00	1,07	—
10	—	0,95	1,00	1,13	—	0,94	1,00	1,18
20	—	—	0,83	1,00	—	—	0,79	1,00

В особо тяжелом тепловом режиме работают кабели, прокладываемые в блоках.

Допустимые токовые нагрузки для этого способа прокладки определяются месторасположением кабеля в блоке и конфигурацией самого блока по эмпирической формуле

$$I_{\text{доп}} = I_0 abc,$$

где I_0 — ток нагрузки при 100% загрузки кабеля и заполнении блока кабелями по схеме рис. 2;

a — коэффициент, зависящий от сечения кабеля и его местоположения в блоке (табл. 9);

b — поправочный коэффициент, зависящий от напряжения кабеля, принимаемый равным 1 для кабелей напряжением 10 кв и 1,05 — для кабелей 6 кв;

c — коэффициент, выбираемый в зависимости от отношения передаваемой среднесуточной мощности к номинальной $\frac{S_{\text{ср.сут}}}{S_{\text{ном}}}$.

Группа	Конфигурация блоков					№ канала	I_0 а	
	1	2	3	4	5			
I	1					1	191	
II	2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 173 3 167		
III	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2				2 154		
IV	2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3				2 147 3 138		
V	2 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 3 2 2	2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 143 3 135 4 131		
VI	2 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3					2 140 3 132 4 118		
VII	2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2					2 136 3 132 4 119		
VIII	2 3 3 3 3 2 3 3 3 3 3 2	2 3 3 3 2 3 3 3 3 2	2 3 3 3 2 3 3 3 3 2	2 3 3 2 3 3 3 2	2 3 3 2 3 3 3 2	2 3 3 2 3 3 3 2	2 135 3 124 4 104	
IX	2 3 3 2 3					2 135 3 118 4 100		
X	2 3 3 2 3					2 133 3 116 4 81		
XI	2 3 3 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 3 3 3 2 3 3 3 3 2	2 3 3 2 3 3 3 2	2 3 3 2 3 3 3 2	2 3 3 2 3 3 3 2		2 129 3 114 4 79	

Рис. 2. Допустимые токовые нагрузки для кабелей, проложенных в блоках.

Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели, прокладываемые в блоках, приняты для трехжильного кабеля напряжением 10 кв, сечением $3 \times 95 \text{ мм}^2$. Каналы, в которых прокладывается кабель, на рисунках блоков обозначены соответствующими цифрами.

Каналы блока, не имеющие номеров, предназначены для резервных кабелей. Включение их может быть произведено после отключения рабочих кабелей.

Произведем расчет допустимой нагрузки на кабель марки АСГТ $3 \times 185 \text{ мм}^2$ * напряжением 6 кв, проложенный в канале № 2 блока с числом каналов, равным шести (группа IV, рис. 2).

При прокладке кабеля в канале № 2 по табл. рис. 2 $I_0 = 147 \text{ а.}$

Величина коэффициента a определяется по табл. 9 в зависимости от фактического сечения кабеля и его расположения в блоке. Для данного кабеля $a = 1,13$.

Таблица 9
Поправочные коэффициенты a на сечение кабеля
и месторасположение его в блоке

Сечение токопроводящих жил, мм^2	Значение коэффициента при номере канала блока			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

Коэффициент b при напряжении 6 кв равняется 1,05.

Коэффициент c зависит от отношения среднесуточной передаваемой мощности к номинальной. При отно-

* АСБ $3 \times 185 \text{ мм}^2$ — эквивалентно сечению $3 \times 120 \text{ мм}^2$ кабеля марки СБ.

шении, равном единице, $c=1$, при $0,85$ $c=1,07$ и при $0,7$ $c=1,16$.

Принимая для нашего случая прокладки $c=1,07$, получим: $I_{\text{доп}}=I_0abc=147 \cdot 1,13 \cdot 1,05 \cdot 1,07 = 191$ а.

Допустимая нагрузка для аналогичного кабеля, про-ложенного в канале с номером 3, составляет:

$$I_{\text{доп}}=I_0abc=138 \cdot 1,13 \cdot 1,05 \cdot 1,07 = 180 \text{ а.}$$

Кабельные линии вследствие высокой теплоемкости изоляции достигают своей максимальной допустимой температуры нагрева лишь спустя значительное время после включения нагрузки. Максимальная температура нагрева может быть достигнута при более высокой нагрузке, если кабельная линия имеет прерывистую нагрузку и подвергается охлаждению.

Допустимая кратковременная перегрузка линии сверх длительно допустимых значений приведена в табл. 10.

Таблица 10

Предварительная нагрузка кабелей	Длительность перегрузки, мин	Номинальное сечение жил, мм^2	
		От 50 до 95	От 120 до 240
0	30	1,15	1,25
	60	—	1,10
50% номинальной	30	1,10	1,20
	60	1,05	1,05
70% номинальной	30	1,05	1,15
	60	—	1,05

На время ликвидации аварийного режима допускается перегрузка кабельных линий напряжением до 10 кв на 30% на периоды максимума нагрузки в течение 5 суток.

Эта перегрузка допускается при условии, если предварительная нагрузка линии не превысила 80% длительно допустимой по нагреву. Перегрузка кабелей 20—35 кв не допускается.

4. КОНТРОЛЬ ЗА НАГРУЗКАМИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Установленные расчетом для каждой линии длительно допустимые нагрузки заносятся в специальный журнал, а также в паспорт кабельной линии. Примерная

форма такого журнала, являющегося одновременно и расчетной таблицей, приведена ниже.

Таблица 11

Расчетная таблица максимальных допустимых токовых нагрузок на кабельные линии

Наименование кабельных линий	Марка кабеля	Напряжение, кВ	Сечение, мм^2	Максимально допустимый ток, а	$K_{общ}$	Максимально допустимая нагрузка, а, с учетом температуры по месяцам года			
						январь, февраль, март, $T=0^\circ\text{C}$	апрель—ноябрь, $T=+5^\circ\text{C}$	май—октябрь, $T=+10^\circ\text{C}$	июнь, июль, август, сентябрь, $T=+15^\circ\text{C}$
ГЭС-РП-25 П/ст.86-РП-48	АСБ СБ	10 6	185 120	310 340	0,75 0,85	256 330	260 320	245 306	232 290

Указанные расчетные нагрузки являются исходными при составлении схем электрических соединений, производстве оперативных переключений в связи с повреждением оборудования и кабельных линий и выводом их в ремонт или для профилактических испытаний.

Однако в условиях эксплуатации важно знать не только расчетные длительно допустимые нагрузки, но и фактическое их значение на любой момент времени, что достигается измерением нагрузок эксплуатационным персоналом.

Правилами технической эксплуатации (§ 918) предусматривается производство измерений нагрузок и напряжений не менее 2 раз в год, в том числе 1 раз в период максимума (декабрь).

Измерения в период максимума ставят своей целью выявить слабые места сети в отношении перегрузки и уровень напряжения.

В процессе измерений выявляются также и другие недостатки эксплуатации, как-то: перекосы нагрузок по фазам, слабые контакты, перегревы и нарушения изоляции.

Данные измерений после их обработки и анализа являются исходным материалом для составления плана и графика подготовки сети к периоду осенне-зимнего максимума будущего года, а также мероприятий по усилению

лению и развитию сетей, выполняемых по плану капитального строительства.

Второй тур измерений может производиться в период минимума нагрузок (май) либо наступающего максимума (октябрь).

Выполнение измерений в период октября позволяет проверить эффективность проведенных мероприятий по плану подготовки сети к наступающему периоду максимальных нагрузок, а также своевременно выявить и устранить возможные перегрузки до наступления максимума нагрузок.

Измерение нагрузок на питающих линиях¹ осуществляется по щитовым амперметрам питающих центров. Показания приборов записываются дежурным персоналом питающего центра в суточную ведомость нагрузок на каждый час.

При отсутствии на питающем центре дежурного персонала, а также отсутствии средств телеметрии, определение нагрузок питающих линий производится по щитовым приборам, установленным в РП (на другом конце линии).

Нагрузки распределительных линий² кабельной сети определяются также по показаниям щитовых амперметров, установленных в РП, а также по результатам измерений в трансформаторных подстанциях.

В ТП измерение нагрузок производится исключительно на стороне низшего напряжения с помощью переносных приборов (токоизмерительных клещей). Нагрузки измеряются на всех отходящих магистральных линиях, а также кабельных вводах перегруженных линий. Напряжение измеряется в ТП и на самом удаленном от ТП вводном устройстве.

Период времени для проведения измерений выбирается с таким расчетом, чтобы величина измеряемой нагрузки была максимальной. Для этого необходимо знать характер нагрузки и время, когда величина ее достигает наибольшего значения.

¹ Питающей линией называется линия, питающая распределительный пункт (РП) и проложенная от питающего центра (станции и подстанции энергосистемы).

² Распределительной линией называется линия, питающая ряд трансформаторных подстанций (ТП) и проложенная от РП к ТП и между ТП.

Максимум нагрузки линий, питающих группы потребителей, использующих электроэнергию для освещения, мелкомоторной нагрузки и быта, достигается в часы совпадения работы учреждений, торговых помещений, мелкотропицкой и бытовой нагрузок.

Зимой, когда продолжительность светового периода дня минимальная, имеется наибольшая вероятность совпадения нагрузок. Поэтому для массовых измерений (в средней полосе СССР) обычно выбирается декабрь и время от 17 до 22 ч. В ноябре измерения выполняются с 18 до 22 ч.

Утренний максимум определяется совпадением нагрузок промышленных предприятий с нагрузками освещения.

Для контроля и снятия графиков нагрузки отдельных кабельных линий практикуется установка самопищущих приборов.

Одновременно с нагрузками производятся также и измерение напряжения и определение состояния изоляции линий.

При работе сети напряжением до 1 000 в в режиме изолированной нейтрали состояние изоляции легко определяется при измерении напряжения между фазой и землей. При полном повреждении изоляции величина напряжения между фазой, на которой изоляция повреждена, и землей равна нулю. Если изоляция линии в порядке, напряжение всех фаз по отношению к земле одинаково и по величине равно фазному напряжению линии. Нарушение изоляции в сети напряжением выше 1 000 в определяется дежурным персоналом центра питания по работе сигнализации замыкания на землю.

Изоляция кабельных линий в сети напряжением до 1 000 в, работающей в режиме глухого заземления нейтрали, определяется путем отключения и испытания линии мегомметром.

Данные нагрузок кабельных линий в период зимнего максимума служат основанием для разработки наиболее экономичного режима работы сети.

До начала периода измерений нагрузок необходимо провести следующие подготовительные мероприятия:

а) составить график, разработать последовательность измерений с учетом характера нагрузки и времени прохождения максимума;

б) подготовить бланки (приложение 4) и заранее заполнить графы: наименование линий или ее диспетчерский номер, сечение, напряжение и др. с тем, чтобы на месте измерения в свободные графы и в установленной записью последовательности вписывать показания приборов против номера линии, нагрузка которой изменяется.

Такой предварительной подготовкой достигаются более высокое качество измерений, экономия времени,

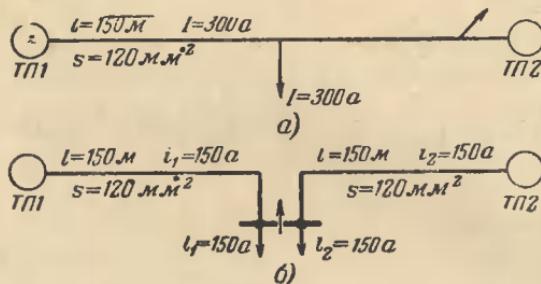


Рис. 3. Расчетная схема эффективности токораспределения.

а — до изменения схемы; б — после изменения схемы;
↑ — деление сети.

что само по себе очень важно, учитывая ограниченное время прохождения максимума.

По результатам измерений, их анализа составляется план мероприятий по разгрузке перегруженных линий (приложение 5) и перераспределению нагрузок, обеспечивающих экономическую и надежную работу линий и сети в целом. Этот план выполняется в порядке текущей эксплуатации, капитального ремонта либо в порядке капитального строительства в зависимости от объема работ и предусматривает:

а) включение раздельно работающих линий на параллельную работу или использование резервных линий при условии предварительной реконструкции защиты;

б) перенос делений в линиях, имеющих двустороннее питание, но в нормальном режиме работающих разомкнуто;

в) повышение напряжения передачи, т. е. перевод сети с 3000 на 6000 в, с 6000 на 10 000 в, а также со 127 на 220 в и 220 на 380 в;

г) перераспределение нагрузок по фазам и устранение перекосов в магистральных линиях и вводных устройствах сети напряжением до 1000 в;

д) устранение утечек тока земли в сети напряжением до 1000 в.

Эффективность мероприятий, проводимых по результатам измерений, определяется расчетом. Для примера определим сравнительные потери для линии до и после изменения схемы питания (рис. 3). Зная величину нагрузки до и после изменения схемы, длину и сечение кабеля, найдем потери мощности по формуле

$$\Delta P = 3I_{\max}^2 Rl,$$

где I_{\max} — величина тока, измеренная в период максимума нагрузок;

R — сопротивление кабеля, $\text{ом}/\text{км}$;

l — длина кабеля, км .

Подставляя в формулу известные нам величины, определяем потери до изменения схемы:

$$\Delta P_{\text{общ}} = 3I_{\max}^2 Rl = 3 \cdot 300^2 \cdot \frac{18,4 \cdot 0,150}{120} \cdot 10^{-3} = 6,2 \text{ квт.}$$

Потери мощности после изменения схемы составляют:

$$\text{на участке ТП}_1 - \text{ввод } \Delta P_1 = 3 \cdot 150^2 \cdot \frac{18,4 \cdot 0,150}{120} \cdot 10^{-3} = \\ = 1,78 \text{ квт,}$$

$$\text{по аналогии на участке ТП}_2 - \text{ввод } \Delta P_2 = 3 \cdot 150^2 \times \\ \times \frac{184 \cdot 0,150}{120} \cdot 10^{-3} = 1,78 \text{ квт,}$$

$$P_{\text{общ}} = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 1,78 + 1,78 = 3,56 \text{ квт.}$$

Экономия мощности до и после изменения схемы составит $6,2 - 3,56 = 2,64 \text{ квт.}$

Годовой эффект составит $2 \cdot 64 \tau = 2,64 \cdot 2500 = 6600 \text{ квт} \cdot \text{ч}$, где τ — число часов работы в год с потерями, соответствующими максимальной нагрузке (в данном случае принимаем равным 2500 ч).

Эффективность и выполнение работ по разгрузке, переводу на повышенное напряжение и других меро-

приятий по повышению экономичности и надежности работы кабельных линий могут учитываться рекомендуемыми расчетными формами, приведенными в приложениях 2, 3 и 6.

5. КОРРЕКТИРОВКА ДОПУСТИМЫХ НАГРУЗОК ПО НАГРЕВУ

Наилучшим способом контроля нагрузок кабелей является проверка температур токопроводящих жил и соответствие их ГОСТ (см. п. 3).

Так как непосредственное измерение температуры токопроводящих жил в условиях эксплуатации практически осуществить невозможно, то производят измерение температуры металлических оболочек кабеля, а затем определяют тепловой перепад между оболочкой кабеля и токопроводящими жилами, т. е.

$$t_{ж} = t_{обол} + \Delta t_{каб}.$$

Перепад температуры от оболочки до жил кабеля можно определить расчетом по формуле

$$\Delta t = 3I^2R_{ж}s_{каб},$$

где $3I^2R_{ж}$ — величина теплового потока или мощность, переходящая в тепло, которое выделяется токопроводящими жилами;

I — измеренная величина тока нагрузки;

$R_{ж}$ — электрическое сопротивление 1 см токопроводящей жилы;

$s_{каб}$ — тепловое сопротивление изоляции и защитных покровов кабеля, тепл. $ом \cdot см$.

Таким образом, для определения значения температурного перепада между токопроводящими жилами и оболочкой кабеля необходимо одновременно с температурой оболочки измерить также величину электрического тока.

Значения теплового сопротивления s изоляции и защитных покровов кабелей приведены в табл. 12.

В табл. 12 приведены в числителе тепловые сопротивления для кабелей, изоляция которых хорошо сохранила пропитку ($\rho = 700$ тепл. $ом \cdot см$), в знаменателе — для кабелей, изоляция которых заметно подсушена ($\rho = 1000$ тепл. $ом \cdot см$).

Таблица 12

Тепловое сопротивление изоляции трехжильных кабелей с поясной изоляцией

Напряже- ние кабе- ля, кв	Сечение жил, $мм^2$									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
3	48/68	36/51	32/45	27/38	24/34	20/29	18/26	17/24	15/21	13/19
6	58/83	51/73	45/64	41/58	35/50	28/42	26/37	22/32	21/30	21/30
10	71/101	62/89	57/82	50/72	46/66	40/57	36/51	33/47	30/43	26/37

Таблица 13

Тепловое сопротивление защитных покровов кабелей ($\rho = 500$ тепл. $ом \cdot см$)

Напряже- ние кабеля, кв	Сечение жил, $мм^2$									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
3	35	33	31	28	25	22	21	20	19	18
6	31	30	25	24	22	20	18	18	18	17
10	25	24	20	19	18	18	17	17	15	15

Для примера произведем расчет температурного перепада и определим температуру токопроводящей жилы кабеля марки СБ сечением $3 \times 120 \text{ мм}^2$ и напряжением 10 кв (кабель имеет подсущенную изоляцию и находится в эксплуатации более 15 лет).

Измерениями определены: температура свинцовой оболочки 40° С , длительная максимальная нагрузка 225 а.

Для определения температуры перепада и температуры жил кабеля предварительно определяем сопротивление 1 см жилы:

$$R_{ж} = \frac{\rho}{100},$$

где ρ — удельное сопротивление жилы, равное $0,0182 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}$ (при $t = 20^\circ \text{ С}$);

$$R_{ж} = \frac{0,0182}{100} = 0,000182.$$

Учитывая увеличение сопротивления за счет повышения температуры, примем округленно $R_{ж} = 0,0002 \text{ ом}$.

Значение теплового сопротивления изоляции и покровов находим из табл. 12 и 13:

$$S_{\text{каб}} = s_{\text{из}} + s_{\text{покр}} = 51 + 17 = 68 \text{ тепл. ом} \cdot \text{см.}$$

Подставляя полученные величины, определяем

$$t_{\text{жк}} = 3I^2 R_{\text{жк}} S_{\text{каб}} = \frac{3 \cdot 225^2 \cdot 0,0002 \cdot 68}{120} = 17^{\circ}\text{C.}$$

Таким образом находим температуру жилы:

$$t_{\text{жк}} = t_{\text{об}} + \Delta t = 40 + 17 = 57^{\circ}\text{C.}$$

Измерение температуры оболочек кабеля необходимо производить в местах, где кабель работает в наиболее тяжелом режиме (места пересечения кабеля с тепло- и паропроводами, в пучках действующих кабельных линий, участках трассы, где грунт сухой или имеет большое тепловое сопротивление), в период максимальной нагрузки кабеля дважды с интервалом в 1—2 ч, если нагрузка линии равномерна.

В случае неравномерной нагрузки температуру оболочки необходимо измерять в течение суток одновременно с нагрузкой. Для определения температурного перепада $\Delta t_{\text{каб}}$ за $t_{\text{об}}$ следует брать максимальное значение температуры, а за величину тока I — максимальную нагрузку линий длительностью не менее 2 ч.

Измерение температур оболочек кабеля производится с помощью термометров, термопар и термосопротивлений. Обычные лабораторные термометры применяются при измерении температур оболочек кабелей, проложенных открыто в кабельных подвалах, коллекторах, туннелях и каналах. При этом резервуар с ртутью термометра рекомендуется укрепить на броне или свинцовой оболочке кабеля с помощью станиоля или аналогичного материала с хорошей теплопроводностью для создания хорошего контакта.

Измерение температур оболочек кабеля с помощью термопар и термосопротивлений обычно производится на кабелях, проложенных в земле в трубах.

При пользовании термопарами или термосопротивлениями важно сохранить неизменными условия охлаждения кабелей. Поэтому открытый котлован после установки термопар или термосопротивлений необходимо за-

сыпать и утрамбовать тем же грунтом. Измерение температур можно начать не ранее чем через сутки, т. е. после восстановления нормального теплового поля вокруг кабеля. Концы термопар или сопротивлений выводятся на стену близ расположенного здания либо вводятся в специально оборудованный для целей измерения кон-

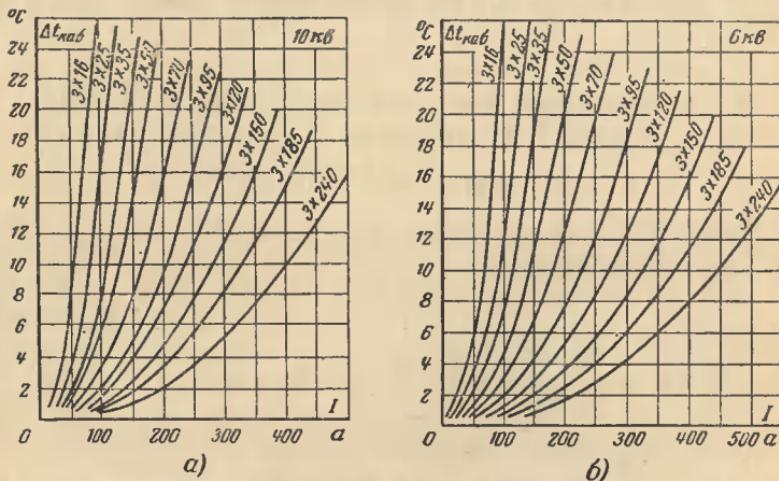


Рис. 4. Термовой перепад $\Delta T_{\text{каб}}$ для (трехжильных) кабелей сечением от 16 до 240 мм^2 в зависимости от тока нагрузки I .
а — для кабелей 10 кв; б — для кабелей 6 кв.

трольный колодец. В последнее время для измерения температур кабелей нашли применение полупроводниковые термосопротивления (типа ММ-4).

Корректировка допустимой на кабель нагрузки производится по формуле

$$I_{\text{доп}} = I \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{окр}}}{t_{\text{ж}} - t_{\text{окр}}}},$$

где $t_{\text{ж}}$ — температура жилы, полученная измерениями и расчетом;

I — ток нагрузки (учтенный при расчете);

$t_{\text{доп}}$ — длительная допустимая температура жилы кабеля по ГОСТ.

Контроль за температурой токопроводящих жил силовых кабелей в условиях эксплуатации обычно осуществляется в случаях, когда возникает необходимость

повышения допустимых нагрузок по сравнению с расчетными.

Значение теплового перепада Δt , а следовательно, и температуры токопроводящих жил можно также определить без измерения температуры оболочек кабеля по кривым перепадов для кабелей в зависимости от их тока нагрузки, сечения и напряжения, приведенным на рис. 4.

6. БЛУЖДАЮЩИЕ ТОКИ, ИХ ИЗМЕРЕНИЕ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК КАБЕЛЯ ОТ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ

Источниками блуждающих токов являются трамваи и электрифицированные железные дороги.

Как известно, рабочий провод (троллей) в этих установках соединяется обычно с плюсом источника постоянного тока, а минус — с обратным проводом, которым являются рельсовые пути (рис. 5).

Вследствие слабой изоляции полотна дороги от земли, большого сопротивления рельсов в результате нару-

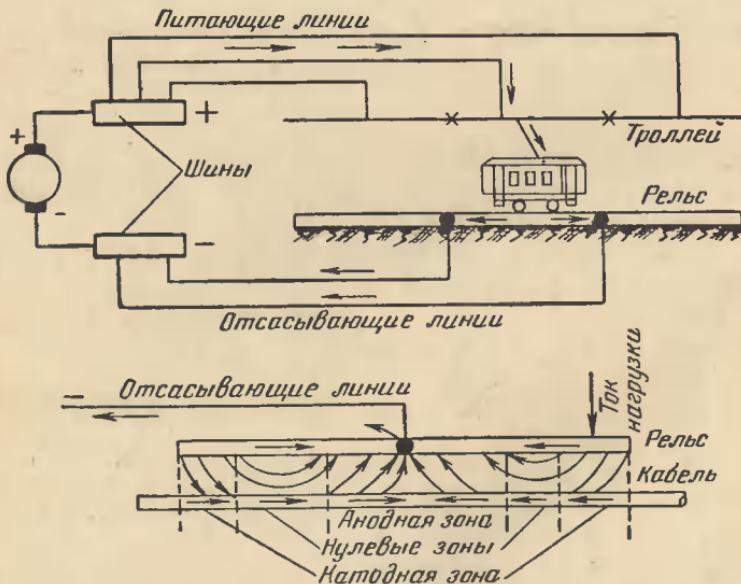


Рис. 5. Схема питания трамвая и образования опасных коррозионных зон блуждающими токами в земле.

шения контакта в стыках, часть тока, ответвляясь, проходит к минуе источника питания по земле.

При прохождении блюжающего тока через металлические оболочки кабеля имеет место явление электролиза. Рельсовый путь и металлические оболочки кабеля являются при этом электродами (анодом и катодом), а окружающая земля, где всегда имеется влага, содержащая некоторое количество различных солей и кислот, — электролитической средой или электролитом.

Как известно, при прохождении электрического тока через электролит электрод с высшим потенциалом (анод) растворяется.

В месте перехода электрического тока с рельсов в кабель высший потенциал будет иметь рельс, поэтому он служит анодом, а кабель — катодом (катодная зона). В этом случае опасность разрушения оболочкам кабеля не угрожает.

Совсем другое дело будет в месте перехода тока с оболочек кабеля в землю. Потенциал оболочек в этом случае будет выше потенциала земли, поэтому они будут служить анодом (анодная зона) и разрушаться (рис. 5).

Количество растворяющегося металла оболочек кабеля в анодной зоне по закону Фарадея пропорционально величине блюжающего тока, времени, в течение которого он протекает, и зависит от рода металла, из которого выполнены оболочки кабеля.

Согласно расчетам при величине тока в 1 а потери за год составят 33 кг свинца, 3,95 кг алюминия и 9 кг железа. Наиболее интенсивному разрушению подвергается, таким образом, оболочка кабельных линий. Поэтому в условиях эксплуатации необходимо вести наблюдение за блюжающими токами с тем, чтобы предотвратить повреждение кабельных линий в результате электролитической коррозии.

Для выявления анодных зон, определения величин и направления блюжающих токов производятся следующие измерения:

- 1) разности потенциалов между кабелем и землей;
- 2) разности потенциалов между кабелем и рельсами;
- 3) плотности тока, сходящего с оболочек кабеля в окружающую среду;
- 4) величины и направления тока по металлическим оболочкам.

Измерение обычно производится в котловане разме-
рами 1 м в длину и 0,7 м в ширину у тяговых подстан-
ций трамвая, электрифицированных железных дорог,
отсасывающих пунктов, в местах сближения и пересе-
чения кабельных линий с путями трамвая и электрифи-
цированных железных дорог, а также в местах, где бы-

ли отмечены повреждения
кабельных линий или тру-
бопроводов по причине
коррозии.

Измерениями разно-
сти потенциалов выяв-
ляются наличие блуж-
дающих токов и их на-
правление для обнаруже-
ния анодных зон, где
оболочки кабелей имеют
положительный потенци-
ал по отношению к зем-
ле. Как показывает опыт,
потенциалы на оболочках
кабеля (в анодной зоне)
величиной порядка 0,1—

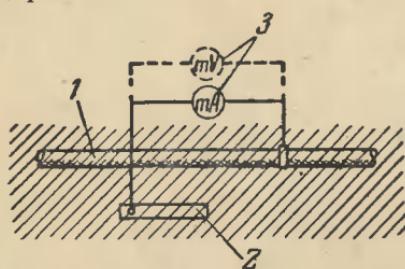


Рис. 6. Схема измерения разности потенциалов, а также плотности тока, переходящего с оболочки кабеля в землю с помощью вспомогательного электрода.

1 — кабель; 2 — вспомогательный электрод; 3 — миллиамперметр или милливольтметр.

0,2 в уже могут вызвать разрушение свинцовой оболочки, а следовательно, и повреждение кабельной линии. Поэтому измерение потенциалов оболочек кабеля по отношению к земле производится чувствительным вольтметром с двусторонней шкалой для определения направления тока с пределами измерения 0 ± 100 мв, 0 ± 1 в и 0 ± 20 (50 в). Для большей точности измерений внутреннее сопротивление прибора выбирают равным не менее 10 000 ом на 1 в шкалы.

Этим требованиям соответствует прибор типа М-231.

Чтобы исключить возможность появления гальванической пары, в качестве заземляющего электрода используяется кусок кабеля, по конструкции аналогичного измеряемому, длиной 500 мм. Измерения выполняются по схеме рис. 6.

Так как потенциалы величиной 0,1—0,2 в уже явля-
ются опасными для металлических оболочек кабельных
линий, необходимо, чтобы при сооружении и эксплуата-
ции электрифицированных путей трамвая или железных
дорог не допускались большие перепады потенциала

вдоль пути и большие разности потенциалов между рельсами и землей.

Для снижения падения потенциала в рельсах служат отсасывающие устройства, соединяющие изолированными одножильными кабелями различные точки рельсово-го пути с минусом тяговой подстанции.

Плотность сходящего с оболочек кабеля тока на землю измеряется по той же схеме рис. 6, при этом вместо милливольтметра включают миллиамперметр с пределами измерений 0 ± 5 (10 ма), 0 ± 100 ма, 0 ± 1 а.

Зная размер поверхности электрода $S \text{ дм}^2$ и величину тока, стекающего с электрода в землю, I_s , можно определить плотность стекающего тока:

$$I = \frac{I_s}{S} = \frac{\text{ма}}{\text{дм}^2}.$$

Плотность тока является важным показателем, указывающим на наличие в металлических оболочках кабеля процесса электролитической коррозии. Для кабелей, прокладываемых в земле, опасной считается плотность тока, стекающего в землю, более $0,15 \text{ ма/дм}^2$.

Величина и направление тока по металлическим оболочкам кабеля могут быть определены методом падения напряжения или компенсационным методом.

Для измерения тока методом падения напряжения необходимо предварительно точно подсчитать активное сопротивление брони и свинцовой оболочки кабеля на участке измерений, т. е.

$$I = \frac{U_n}{R},$$

где U_n — измеренное падение напряжения;

R — сопротивление брони и свинца, которое необходимо подсчитать.

Однако, как известно, определение сопротивлений металлических оболочек проложенного в земле кабеля является весьма затруднительным, так как толщины брони и свинцовой оболочки вследствие повреждения их коррозией могут отличаться от расчетных. Поэтому величину и направление тока по металлическим оболочкам кабеля большей частью определяют компенсационным методом.

Этот метод заключается в том, что к участку кабеля длиной 800—1 000 мм присоединяют, как это показано на рис. 7, батарею постоянного тока таким образом, чтобы ток от нее был направлен обратно направлению блуждающего тока, проходящего по оболочкам кабеля.

Регулируя величину тока батареи с помощью реостата, можно добиться того, чтобы она была равна протекающему по металлическим оболочкам кабеля блуждающему току.

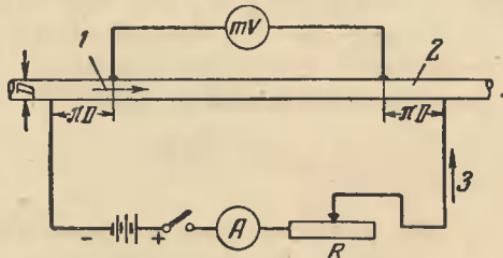


Рис. 7. Схема измерения по методу компенсации величины тока, текущего по металлическим оболочкам кабеля.

1 — направление блуждающего тока; 2 — металлическая оболочка кабеля; 3 — направление тока от батареи.

дающему току, имеющему противоположное направление. В этом случае показание милливольтметра будет равно нулю, так как $I_{бат} = I_{кор.}$

Применяемые для измерения провода должны иметь хорошую изоляцию, при этом для измерения напряжений и плотности стекающего тока сечение проводов принимается равным 1—2,5 $мм^2$, а для тока компенсации 6—10 $мм^2$. Закрепление проводов на оболочке кабеля при измерениях необходимо выполнить надежно с помощью бандажа из медной проволоки и с предварительной тщательной очисткой от окислов мест присоединения.

Места присоединения проводов к оболочкам кабелей, а также к заземляющему электроду, кроме того, необходимо тщательно изолировать смоляной лентой.

Величины напряжений и блуждающих токов, протекающих по металлическим оболочкам кабеля, не остаются постоянными, а изменяются в широких пределах в зависимости от графика движения трамваев или поездов.

дов. Поэтому измерения потенциалов производятся в течение 10—15 мин через каждые 5 сек, а затем определяют среднюю величину потенциалов и токов. В зонах переменных зонах средние потенциалы подсчитывают отдельно для положительных и отрицательных значений:

$$U_{cp}(+) = \frac{\Sigma U(+)}{n}; \quad U_{cp}(-) = \frac{\Sigma U(-)}{n},$$

где $U_{cp}(+)$ — среднее значение положительного потенциала на оболочках кабеля относительно земли;

$U_{cp}(-)$ — соответственно среднее значение отрицательного потенциала;

$\Sigma U(+)$ — сумма положительных показаний прибора;

$\Sigma U(-)$ — сумма отрицательных показаний прибора

n — общее число показаний, включая нулевые.

Чтобы установить максимальные величины блуждающих токов, измерение необходимо проводить в часы наиболее интенсивного движения электрифицированного транспорта.

Предварительные измерения с целью обнаружения блуждающих токов на оболочках кабельных линий можно производить из ТП, расположенных в зоне электрифицированных путей, тяговых подстанций и ремонтных депо. Измерительные приборы при этом присоединяются одним полюсом к контуру заземления, с которым электрически соединены металлические оболочки всех кабелей, а вторым — к колу, забиваемому в землю на расстоянии 7—10 м от ТП. В остальных случаях для измерения блуждающих токов роются специальные небольшие котлованы длиной 1 м и шириной 0,7 м.

При эксплуатации кабелей в блочной канализации контрольные пункты для измерений оборудуются в колодцах.

По результатам измерений и их анализу составляют карту анодных зон в районах трасс кабельных линий. При составлении карты используются данные размещения отсасывающих устройств питания контактной сети, а также потенциальные диаграммы рельсовых путей по отношению к земле организацией, эксплуатирующей эти сооружения.

Для защиты кабельных линий от блуждающих токов эксплуатирующие их организации производят:

а) выявление зон, опасных для кабельных линий в отношении электролитической коррозии, на основе измерений и данных организации, эксплуатирующей сооружения пути, а также составление карты анодных зон;

б) организацию наблюдения за состоянием кабельных линий путем производства систематических измерений блуждающих токов в контрольных точках;

в) анализ причин повреждаемости кабельных линий при профилактических испытаниях и в работе, выявление случаев повреждения в результате электролитической коррозии;

г) монтаж изолирующих муфт из эпоксидного компаунда для разрыва цепи блуждающего тока по металлическим покровам кабельных линий;

д) соединение металлических оболочек кабельных линий между собой в целях уменьшения плотности блуждающего тока.

При установлении в устройствах трамвая и электрифицированных железных дорог нарушений требований правил по защите подземных сооружений от коррозии необходимо потребовать от эксплуатирующей эти устройства организации немедленного их устранения и ликвидации тем самым причин, вызывающих электролитическую коррозию металлических оболочек кабельных линий.

Организация, эксплуатирующая кабельные линии, должна периодически получать информацию о состоянии изоляции путей, стыковых соединений, результатах измерений, состоянии работ по устранению недостатков от организации, эксплуатирующей электрифицированный транспорт.

Коррозия блуждающими токами нередко сопровождается химической коррозией металлических оболочек кабеля. Для определения коррозионности почвы в лабораторию необходимо доставить пробу. Отбор проб почвы, где проложены кабельные линии, производится в количестве 0,5 кг, при этом 70% этой пробы берется со дна траншеи и по 15% с обеих стенок. Все три части перемешиваются и помещаются в закрытую пронумерованную тару, не допускающую загрязнения пробы. Исследование лабораторией проб грунта заключается

в определении коррозионной активности методом измерения удельного сопротивления, потери веса либо химического анализа и определении степени концентрации водородных ионов.

7. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

А. Общая часть

Опыт работы городских кабельных сетей показывает, что на долю кабельных линий приходится более 90% всех повреждений, возникающих в электрической части сети. Основные причины повреждаемости кабельных линий по данным анализа аварий и результатов профилактических испытаний, произведенных ОРГРЭС за несколько лет, приведены в табл. 14.

Таблица 14

Основные причины повреждаемости кабельных линий

Причины повреждаемости	По данным аварий, %	По данным профилактических испытаний, %
Механические повреждения . . .	40—45	33
Дефекты конструкций и монтажа муфт	20—25	40
Заводские дефекты и старение кабелей	11—14	14
Коррозия оболочек кабелей	4—6	4
Дефекты прокладки кабелей	5—7	5
Перегрузки кабелей	2—3	—

Как видно из таблицы, основными причинами повреждаемости кабельных линий являются механические их повреждения при производстве земляных работ, а также дефекты, допущенные как в процессе прокладки кабеля и монтажа муфт, так и при эксплуатации кабельной линии.

Задачей профилактических испытаний является своевременное выявление и устранение развившихся опасных дефектов в изоляции кабеля и муфтах с тем, чтобы предупредить их повреждение в работе. Устранение дефектов в кабеле позволяет повысить уровень изоляции сети и тем самым надежность электроснабжения потребителей.

Надлежащая организация профилактических испытаний позволяет произвести ремонт поврежденных при испытании кабельных линий наиболее экономично и в удобное для эксплуатационного персонала время.

Отсутствие разрушения дефектного места токами короткого замыкания позволяет, кроме того, произвести тщательный анализ причин, вызвавших повреждение изоляции.

Б. Методы профилактических испытаний изоляции кабельных линий

Основным методом профилактических испытаний кабельных линий является метод испытаний повышенным напряжением постоянного тока. Это объясняется тем, что для испытания кабельных линий переменным током требуется большая мощность испытательной установки. Так, например, мощность установки для испытания кабеля напряжением 50 кв длиной 2 000 м составляет:

$$P = \omega C U^2 \cdot 10^{-3} = 314 \cdot 0,54 \cdot 50^2 \cdot 10^{-3} = 425 \text{ ква},$$

где ω — угловая частота испытательного напряжения, равная $2\pi f$, т. е. 314 при $f = 50$ гц;

C — емкость кабеля напряжением 10 кв, примерно равная 0,27 мф/км;

U — испытательное напряжение, кв.

При испытании этого же кабеля постоянным током высокого напряжения мощность установки составит:

$$P = U I_{\text{ут}} = 50 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ вт},$$

где U — испытательное напряжение, кв;

$I_{\text{ут}}$ — ток утечки, принимаемый равным 1 ма.

В испытательных установках для кабельных линий приложенное напряжение переменного тока преобразовывается в напряжение постоянного (пульсирующего) тока в вакуумном электронном выпрямителе, называемом кенотроном или кенотронной лампой.

Кенотронная лампа (рис. 8) представляет собой герметически закрытый стеклянный баллон 1 с очень глубоким вакуумом (10^{-6} мм ртутного столба). В нижней части кенотронной лампы расположен один электрод 2 в виде спирали, оба конца которого выведены в цоколь, как у обычной лампы. Этот электрод называется като-

дом. В верхней части лампы расположен другой электрод 3 в виде круглой пластиинки с контактным выводом в виде шарика 4, этот электрод называется анодом.

Принцип действия кенотронной лампы основан на явлении термоэлектронной эмиссии, заключающейся в способности накаленного металла испускать со своей поверхности электроны. Большое количество свободных электронов, имеющих ся в катоде (как и во всех металлах), не может покинуть его поверхность, так как при нормальной температуре их кинетическая энергия слишком мала. Если, однако, катод разогреть, то кинетическая энергия электронов возрастет. Из раскаленного катода электронной лампы поток электронов устремляется в сторону холодного анода. При этом чем выше температура катода, тем интенсивнее будет движение электронов. У катода поток электронов образует среду, сопротивление которой, постоянно увеличиваясь, прекратит процесс их дальнейшего движения. Однако если к электродам лампы приложить разность потенциалов, причем к аноду — положительный потенциал, а к катоду — отрицательный, то внутри лампы между электродами возникнет электрическое поле, движение электронов возобновится и проводимость лампы восстановится. Если изменить полярность, т. е. присоединить минус батареи к аноду, а плюс к катоду, тока в цепи не будет, так как испускаемые катодом электроны будут отталкиваться от отрицательно заряженного анода. Если к аноду вместо батареи присоединить источник переменного тока, то в момент, когда анод будет иметь положительный потенциал, ток будет проходить через лампу, а в момент отрицательного значения потенциала ток проходить не будет. В этом и заключается вентильное, т. е. избирательное действие кенотронной лампы.

Принципиальная схема испытания кабеля с помощью кенотронной лампы приведена на рис. 9,а. Отрицательный полюс установки присоединяется к испытуемой жиле кабеля, а положительный — к земле. Это объясняется

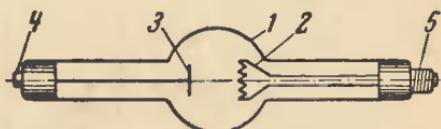


Рис. 8. Кенотронная лампа.
1 — стеклянный баллон; 2 — катод; 3 — анод; 4 — контактный вывод анода; 5 — цоколь катода.

тем, что подавляющее количество дефектов в пропитанной маслом изоляции силовых кабелей выявляется при более низком пробивном напряжении отрицательной полярности. В момент, когда приложенное синусоидальное напряжение имеет положительное значение (рис. 9, б), ток пройдет через лампу и емкость кабеля получит заряд. В следующий полупериод отрица-

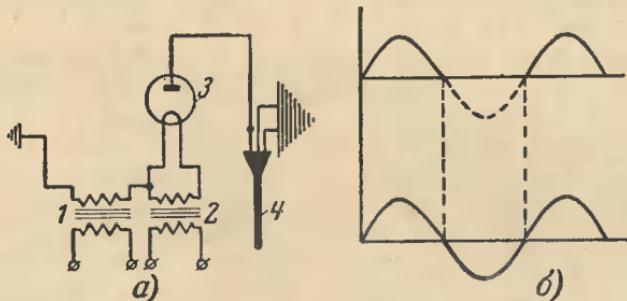


Рис. 9. Принципиальная схема выпрямления тока и испытания кабеля.

1 — повышательный трансформатор; 2 — трансформатор накала; 3 — кенотронная лампа; 4 — испытуемый кабель.

тельного значения напряжения ток не пройдет через лампу. По этой же причине полученный емкостью заряд удержится в кабеле, так как лампа не пропустит ток заряда в обратном направлении.

В следующий полупериод положительного значения напряжения переменного тока кабель получит дополнительный заряд. Таким образом, при синусоидальном напряжении, приложенном к трансформатору, испытуемый кабель будет получать дополнительные заряды в периоды, соответствующие положительному значению частоты переменного тока. Если, однако, изоляция имеет дефект, то кабель будет разряжаться и полученный емкостью заряд будет постепенно уменьшаться. Таким образом, чем хуже изоляция кабеля, тем быстрее он будет терять полученный заряд и тем больший зарядный ток будет протекать через дефектное место в изоляции кабеля и миллиамперметр будет отмечать все большие показания. При испытании кабеля подъем напряжения с нуля до нормы испытательного напряжения ведется ступенями по 1—2 кв в секунду. На каждой ступени подъем напряже-

ния миллиамперметр фиксирует толчок зарядного тока, а затем последующий быстрый спад его. Если в изоляции кабеля имеются дефекты, то спад тока после его броска в момент подъема напряжения будет замедленным. Установившееся значение зарядного тока при неизменной величине испытательного напряжения называется током утечки кабельной линии.

Измеряемая миллиамперметром величина токов утечки зависит:

1. От длины испытуемой линии, так как проводимость изоляции прямо пропорциональна длине линии.

2. От температуры кабеля в момент производства испытания.

Изменение проводимости изоляции трехжильного кабеля в зависимости от температуры показано на рис. 10.

По этой причине кабель, испытанный немедленно после снятия нагрузки и отключения, имеет большие токи утечки, чем этот же кабель, испытанный в холодном состоянии.

3. От конструкции и состояния концевых муфт вследствие возникновения значительных поверхностных токов утечки при загрязнении поверхности воронки, наличия трещин на поверхности заливочной массы, ее увлажнения, загрязнении изоляции жил, втулок и изоляторов.

4. От влажности воздуха, токов утечки и токов короны, возникающих в схеме испытания, соединительных проводниках, кабельных наконечниках и других элементах, входящих в схему испытания.

При испытании трехфазных кабельных линий каждая из фаз испытывается по очереди по отношению к двум другим фазам и свинцовой оболочке (земле). При этой схеме междуфазная изоляция испытывается тем же напряжением, что и фазная. Это обстоятельство является некоторым недостатком этой схемы, так как дефекты в зоне междуфазной изоляции (крутие изгибы,

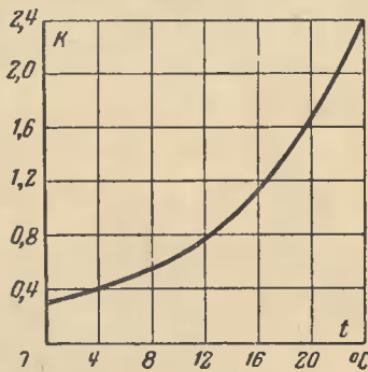


Рис. 10. Ориентировочная зависимость поправочного коэффициента K от температуры кабеля.

вмятины свинцовой оболочки, заусенцы в местах пайки соединений, недостатки, связанные с заливкой муфт, и др.) не могут быть выявлены при этой схеме испытания.

Двухполярная схема обеспечивает возможность более эффективного испытания междуфазной изоляции. При этой схеме (рис. 11) напряжение между жилами вдвое превышает напряжение жил по отношению к оболочке — земле.

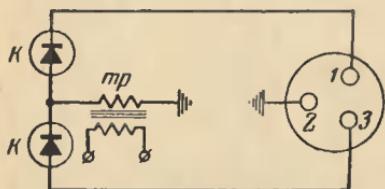


Рис. 11. Схема испытаний изоляции кабеля по двухполярной схеме.

Метод испытания постоянно-переменным током применяется для выявления дефектов в изоляции кабеля, определение которых невозможно при испытании повышенным напряжением постоянного тока. К таким дефектам относятся повреждения или недостатки изоляции без нарушения герметической оболочки кабеля, недостаточная толщина изоляции, большое количество совпадений, трещины, разрывы бумажных лент и другие аналогичные дефекты. При этом методе отключенная кабельная линия испытывается постоянным током с одновременным наложением небольшой слагающей переменного тока.

При этом методе отключенная кабельная линия испытывается постоянным током с одновременным наложением небольшой слагающей переменного тока.

Таблица 15

Предельно допустимые испытательные напряжения постоянно-переменного тока

Номинальное напряжение кабельных линий, кв	Схема испытаний			
	однополярная		двуихполярная	
	Испытательное напряжение, кв			
постоянного тока	переменного тока	постоянного тока	переменного тока	
3	15	2	25	3
6	35	4	45	6
10	50	5	60	10
20	80	12	—	—
35	120	20	—	—

Испытания постоянно-переменным током можно производить как по однополярной (рис. 12, а), так и по двухполярной схеме (рис. 12, б).

В табл. 15 приведены рекомендуемые ОРГРЭС предельно допустимые уровни испытательных напряжений.

Переменная слагающая подается от отдельного трансформатора, мощность которого определяется в за-

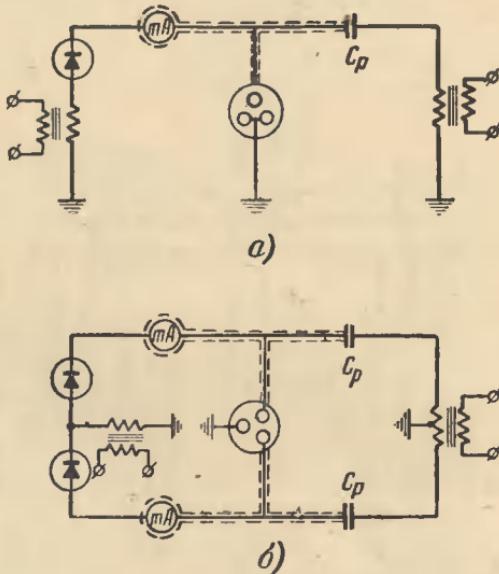


Рис. 12. Схемы испытаний кабельных линий постоянно-переменным током.
а — однополярная; б — двухполярная.

висимости от длины и напряжения испытуемой линии, как это было указано выше.

Трансформатор включается через разделяющую емкость C_p , в качестве которой могут быть использованы конденсаторы типа ИМ60-0,04, РЛ32,5-0,25. Емкость разделяющего конденсатора подбирается по величине, равной примерно емкости кабеля. При этом для подачи напряжения на испытуемую фазу напряжение испытательного трансформатора должно составлять $2U$.

Дальнейшим развитием методов профилактических испытаний является разработанный ВНИИЭ¹ способ ис-

¹ Канд. техн. наук Г. М. Шалыт.

питания кабельных линий под нагрузкой. Сущность этого метода заключается в том, что от кенотронной установки через дугогасящую катушку и трансформатор собственных нужд центра питания 6—10 кв на фазное ра-

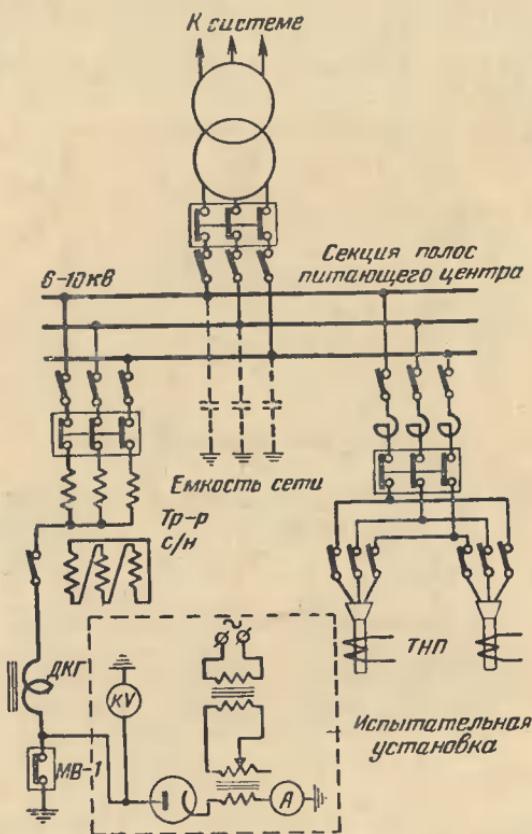


Рис. 13. Схема испытания изоляции под нагрузкой.

бочее напряжение переменного тока накладывается выпрямленное напряжение постоянного тока (рис. 13). При этом методе амплитуда испытательного пульсирующего напряжения составляет:

$$U_{\Phi} + U_{\text{выпр.}} = \frac{U_{\Phi}}{\sqrt{3}} \sqrt{2} + U_{\text{выпр.}}$$

Так, например, если испытательное напряжение постоянного тока принять равным 20 кв при линейном напряжении сети 6 кв, то амплитуда испытательного пульсирующего напряжения составит:

$$\frac{6}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ кв} \approx 25 \text{ кв.}$$

Большим достоинством этого метода испытания является то, что его применение не требует поочередного отключения линий для испытания и производства в связи с этим большого количества переключений в сети.

Недостатком метода является:

- а) зависимость величины испытательного напряжения кабелей от состояния уровня изоляции электрооборудования напряжением 6—10 кв, установленного у потребителей;
- б) невозможность проверки междуфазной изоляции;
- в) вероятность автоматического отключения линии под нагрузкой при пробое изоляции.

Поэтому впредь до накопления опыта согласно эксплуатационному циркуляру № Э-14/62 от 24 декабря 1962 г. Технического управления по эксплуатации энергосистем МЭиЭ испытания электрических линий под нагрузкой допускается применять, за исключением:

- а) электрических линий напряжением 10 кв и выше;
- б) вращающихся машин напряжением 3—6 кв;
- в) смешанных воздушно-кабельных сетей при протяженности воздушных линий более 20% общей протяженности линий испытуемого участка;
- г) электрически связанных сетей с общим емкостным током 200 а и более;
- д) кабельных линий, питающих электроприемники 1-й категории, при отсутствии резерва питания;
- е) участков сетей, требующих значительных переключений при подготовке схемы испытаний;
- ж) сетей при отсутствии резерва трансформаторной мощности.

Частота испытаний линий под нагрузкой должна составлять от 2 до 6 раз в год.

В. Организация профилактических испытаний, нормы, периодичность и порядок испытания кабельных линий

Опыт эксплуатации кабельных линий показал, что применение профилактических испытаний кабельных линий постоянным током высокого напряжения, равным в первые годы внедрения испытаний 4—5-кратному значению номинального линейного напряжения, а в последующие годы, после повышения уровня изоляции сети, 5—6-кратному значению номинального линейного напряжения, является весьма эффективным противоаварийным мероприятием, безвредным для изоляции кабельных линий.

В соответствии с этим применяются нормы испытания, приведенные в табл. 16.

Таблица 16
Нормы испытания кабелей напряжением постоянного тока

Номинальное напряжение линии, кв	Испытательное напряжение, кв		Продолжительность испытания, мин	
	после про-кладки	в эксплуатации	после про-кладки	в эксплуатации
3	18	15	10	5
6	36	30	10	5
10	60	50	10	5
20	110	88	10	5
35	175	140	10	5

Для повышения эффективности испытаний Правилами технической эксплуатации установлены разные сроки профилактических испытаний кабельных линий. Эти сроки устанавливаются в зависимости от состояния изоляции, условий прокладки и режима работы линии.

Состояние изоляции характеризуется отсутствием в ней заводских дефектов, которые могут быть обнаружены при вскрытии образцов кабеля в связи с ремонтом линии, имевшими место случаями электрического пробоя изоляции линии в работе либо при профилактических испытаниях, качеством прокладки кабеля и монтажа муфт. Уровень изоляции кабельной линии, определяемый при испытании величиной тока утечки и его

асимметрией по фазам, является решающим фактором для определения состояния изоляции и для установления группы кабельной линии по срокам испытания.

Состояние трассы кабельной линии характеризуется ее доступностью, возможностью производства бесконтрольных раскопок, конструкцией усовершенствованного покрова (асфальт, бетон), наличием застройки, большого количества земляных работ на трассе линии в связи с прокладкой или ремонтом других подземных сооружений, возможностью осадки грунта и коррозии металлических оболочек кабеля.

Эксплуатационные данные линий определяются длительностью и условиями работы линии (до 25 лет и более), ее тепловым режимом, наличием признаков старения бумажной изоляции, кристаллизации пропиточного состава, а также наличием на линии соединительных и концевых муфт старой конструкции, имеющих недостаточную герметичность.

Состояние эксплуатации характеризуется также наличием технической документации линии.

Согласно Правилам технической эксплуатации кабельные линии напряжением от 2 до 35 кв должны подвергаться профилактическим испытаниям не реже 1 раза в год. Более частая периодичность испытаний устанавливается для кабельных линий, работающих в тяжелых условиях, а также имеющих дефекты.

Более редкая периодичность испытаний, до 1 раза в 3 года, может быть установлена для кабельных линий, работающих устойчиво, без случаев электрического пробоя изоляции в течение 5 лет и более.

Внеочередные испытания кабельных линий производятся после производства земляных работ на трассе линии либо в связи с выявленными при обходе дефектами трассы, как-то осадки, оползни грунта. Испытание кабельной линии производится также после ее ремонта (монтажа соединительных и концевых муфт).

В соответствии с этим все кабельные линии по состоянию изоляции, условиям прокладки, режиму работы необходимо разбить на группы, установив для каждой из них соответствующую периодичность испытаний.

Профилактические испытания кабельных линий являются важным элементом эксплуатационного плана работ. Для достижения наилучших результатов график

испытания линий составляется таким образом, чтобы наибольшее количество кабельных линий проходило испытания в весенние и осенние месяцы, т. е. после обильного поступления влаги в почву, когда лучше всего выявляются дефекты герметической оболочки кабеля.

Напряжение от кенотронной установки прикладывается поочередно к каждой жиле. Две другие жилы в момент испытания соединяются между собой и заземляются. Допускается одновременное испытание нескольких последовательно или параллельно соединенных кабельных линий. При пробое изоляции одного из испытываемой группы кабелей поврежденная линия выделяется, а остальные линии испытываются вновь.

Подъем испытательного напряжения с нуля до величины, установленной нормами профилактических испытаний, производится плавно. Отсчет времени испытания производится с момента установления полной величины испытательного напряжения. Показания микроамперметра и значение величины тока утечки каждой фазы записываются на последней минуте испытания.

Величина тока утечки записывается в специальный журнал испытаний.

Кабельная линия считается выдержавшей испытание, если во время испытания не произошло пробоя или перекрытия по поверхности концевой муфты, не наблюдалось резких толчков тока и заметного роста утечки. Токи утечки и коэффициент асимметрии тока по фазам не рассматриваются как браковочные показатели. Они должны учитываться лишь для оценки состояния изоляции и установления периодичности и нормы испытательного напряжения линии.

В случае, если токи утечки испытуемой линии нарастают, появляются толчки, продолжительность испытания следует продлить до 10 мин.

Если при этом не удается пробить изоляции линий, необходимо повысить испытательное напряжение с 30 до 36 кв для кабелей с рабочим напряжением 6 кв и соответственно до 60 кв для кабелей с рабочим напряжением 10 кв. В случае, если при этих условиях изоляция линии не пробивается, однако имеют место толчки тока утечки и коэффициент асимметрии больше 2,5, необходимо обследовать концевые разделки кабельной линии, устранить замеченные недостатки (очистить от пыли).

ли, подогреть и подсушить заливочную массу), после чего произвести повторное испытание линии. Если после этого кабельная линия выдержит испытание, следует ее считать годной к эксплуатации, а если положение не изменится, то приступить к определению места повреждения.

При пробое изоляции кабеля необходимо в журнал испытания записать, на какой фазе, при каком напряжении и на какой минуте испытания произошел пробой.

Г. Проверка степени осушения изоляции кабелей на вертикальных и крутонаклонных участках трассы

На вертикальных и крутонаклонных участках трассы в связи со стеканием маслоканифольного состава с верхних участков в нижние происходит осушение кабеля и образование в изоляции большого количества газопустотных включений.

При высоком напряжении (20—35 кв) в газопустотных включениях возникают опасные процессы ионизации, которые приводят к разогреву и разрушению изоляции.

Для своевременного обнаружения опасной степени осушения производятся выборочные вскрытия и осмотр изоляции вертикальных участков кабелей напряжением 20—35 кв.

Сильно осушенная бумажная лента изоляции имеет светло-желтый цвет, ломается при сматывании и изгибе. Наличие воскообразных веществ на лентах изоляции является показателем тяжелых последствий ионизации газовых включений.

По результатам вскрытия и осмотра состояния изоляции устанавливаются необходимость и сроки замены вертикального участка.

8. РЕМОНТ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

A. Общая часть

Выведенную из эксплуатации кабельную линию в связи с ее повреждением согласно требованиям Правил технической эксплуатации (§ 934) необходимо отремонтировать и включить в максимально короткий срок.

Это требование определяется тем, что отключение линии в большинстве случаев связано с нарушением нормального режима, схемы питания, снижением надежности при одновременном увеличении потерь электроэнергии.

В случае одностороннего питания повреждение кабельной линии вызывает прекращение подачи электроэнергии.

Годовой объем ремонтных работ на кабельных линиях определяется:

а) количеством кабельных линий, поврежденных при профилактических испытаниях;

б) количеством кабельных линий напряжением до и выше 1 000 в, поврежденных при электрических пробоях изоляции во время работы;

в) выявленными в результате осмотров дефектами в концевых муфтах на питающих центрах, в РП и ТП, а также соединительных муфтах, расположенных в доступных осмотру местах (коллекторах, туннелях, колодцах, кабельных подвалах и других сооружениях сети);

г) планами ликвидации узких мест по результатам измерений нагрузок и напряжения, аварийных очагов, а также разного рода противоаварийных мероприятий;

д) работами по устранению недостатков, выявленных на кабельных линиях при обходе и осмотре трасс, а также концевых разделок кабеля у вводных устройств.

Большой объем ремонтных работ в кабельных сетях при одновременной необходимости их быстрого выполнения требует надлежащей организации этих работ. Наиболее подходящей организационной формой, как показал опыт, является централизация и специализация этих работ.

Специализированный участок по ремонту кабельных линий в городской электрической сети обычно комплектуется в составе: руководителя — мастера участка, одной либо нескольких монтажных бригад в зависимости от объема ремонтных работ в обслуживаемом участке кабельной сети, а также нескольких рабочих для выполнения земляных работ. Бригада оснащается средствами механизации земляных работ, инструментом обычным и специальным, а также устройством для отогрева грунта при работе в зимних условиях. Для большей мобильности инструмент, материалы и приспособления, а также

небольшие отрезки кабелей разных сечений и напряжений для кабельных вставок размещаются в специальном фургоне, который используется также как бытовое помещение для персонала бригады во время монтажа. Фургон транспортируется и устанавливается автомашиной возможно ближе к месту работы (котловану) бригады. Общий вид фургона и размещения в нем инструмента, материалов и приспособлений показан на рис. 14.

Ремонт кабельной линии состоит из следующих основных технологических операций:

- а) определение места повреждения;
- б) выполнение земляных работ для вскрытия трассы линии и обнаружения дефекта;
- в) производство монтажных работ для ликвидации обнаруженного дефекта в кабельной линии;
- г) испытание, включение кабельной линии, восстановление нормальной схемы и режима работы линии.

Быстрое и точное определение места повреждения является одним из решающих условий ускорения, а также удешевления ремонта линии. Это объясняется тем, что земляные работы в связи с ремонтом требуют затраты большого труда и времени, особенно при необходимости вскрытия усовершенствованных покровов улиц и тротуаров, в ряде случаев выполненных на бетонном основании.

При неточном определении места повреждения объем этих работ возрастает, увеличиваются стоимость и сроки их выполнения. Поэтому в условиях городских сетей для определения мест повреждения в кабельных линиях необходимо применять наиболее совершенные способы, позволяющие наиболее точно и непосредственно на трассе установить место повреждения. Это требование достигается применением для определения мест повреждений на кабельных линиях не менее двух методов: относительного (импульсного, колебательного разряда, петлевого или емкостного) — для ориентировочного определения участка повреждения и абсолютного (индукционного, акустического, коммутационного) — для непосредственного нахождения на трассе места повреждения и производства раскопок.

Передвижная установка, оснащенная аппаратурой и приборами для определения мест повреждений, используется также для определения трассы кабельных линий,

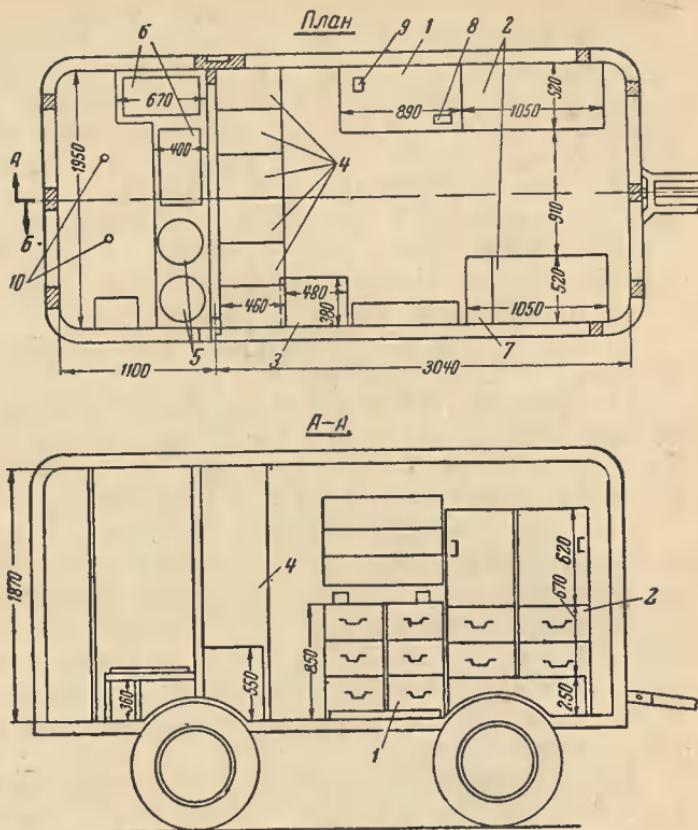


Рис. 14. Передвижной фургон (мастерская) для
 1 — верстак с шестью ящиками; 2 — шкафы для хранения материалов; 3 —
 вальные шкафы; 5 — баллон с пропан-бутаном; 6 — газовая плита для разо-
 вального устройства; 10 — устройство для крепления кабеля для вставок

кабеля в пучке, а также контрольных измерений в про-
 цессе разрыва для уменьшения объема земляных ра-
 бот и ускорения ремонта.

Установка состоит из следующих элементов:

а) кенотронного выпрямителя для испытания и пред-
 варительного прожигания изоляции в месте поврежде-
 ния кабельной линии;

б) газотронного выпрямителя для дожигания изо-
 ляции в месте повреждения до малых переходных со-
 противлений;

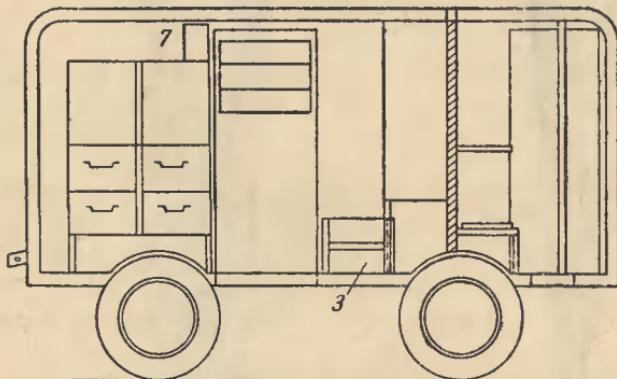
в) генераторов звуковой частоты для индукционного метода определения места повреждения и трассы кабельной линии;

г) щита с электроизмерительными приборами и рукояткой управления.

Установка монтируется в кузове автомашины грузоподъемностью 2,5 т.

При ремонте кабельной линии вскрытие асфальта усовершенствованного основания и земляные работы для обнаружения места повреждения и подготовки котлованов требуют наибольших затрат времени и труда. Поэтому эти работы должны выполняться с применением механизмов и приспособлений.

6-Б



централизованного ремонта кабельных линий.

барабан с гибким кабелем для питания фургона электроэнергией; 4 — раздегрева припоев и кабельных масс; 7 — щиток; 8 — тиски; 9 — электроточило; и место для установки щитов ограждения.

Для рыхления твердого и мерзлого грунтов, удаления асфальтовых и бетонных покрытий применяются пневматические отбойные молотки ленинградского завода «Пневматика» Управления общего машиностроения Ленинградского совнархоза, а также пневматический бетонолом (рис. 15).

В условиях городских сетей для ремонтных работ могут найти широкое применение электромолотки И-158-Б (рис. 16), изготавляемые даугавпилсским заводом «Электроинструмент» совнархоза Литовской ССР.

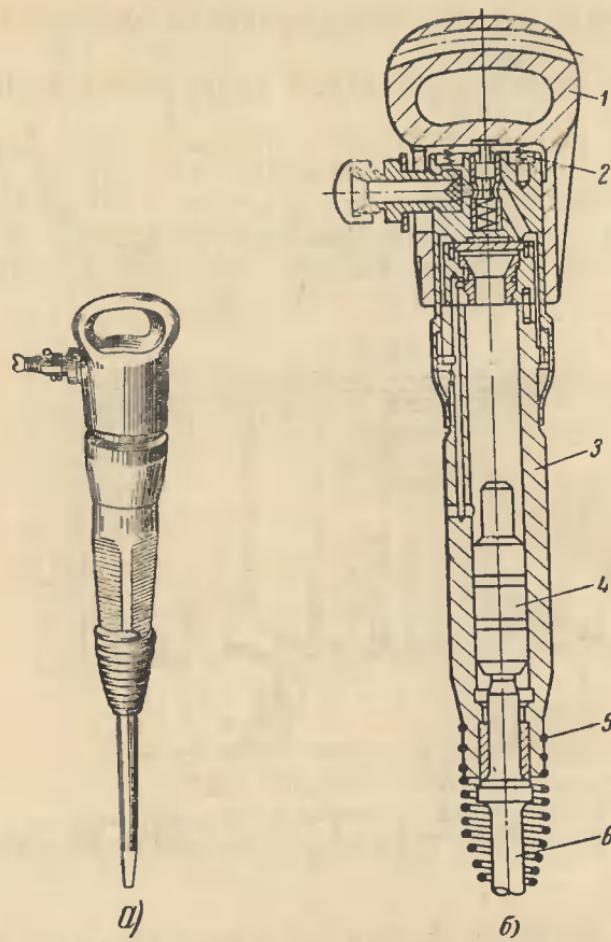


Рис. 15. Отбойный молоток ОМСП-5.

а — общий вид; б — разрез; 1 — золотниковая коробка; 2 — ударник; 3 — ствол; 4 — амортизационная пружина; 6 — рабочий наконечник.

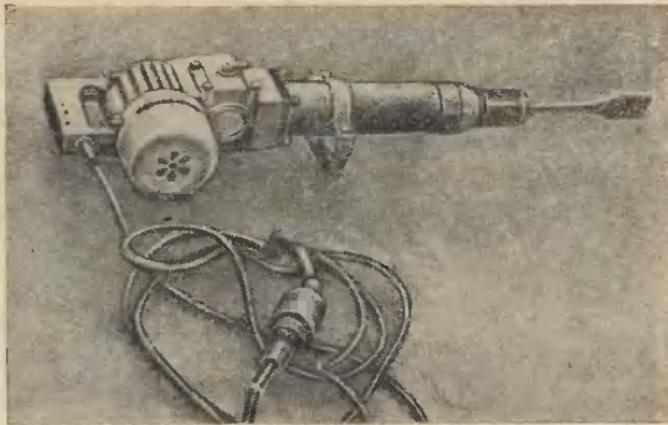


Рис. 16. Электромолоток И-158Б.

Эти молотки по сравнению с отбойным молотком имеют больший вес, зато не нуждаются в компрессорной станции для подачи сжатого воздуха.

Для рытья траншей там, где это возможно по условиям безопасности, а также охраны действующих кабельных линий и других подземных коммуникаций, можно использовать экскаватор Э-153 киевского завода «Красный экскаватор» на тракторе «Беларусь» (рис. 17). Этот экскаватор с емкостью ковша 0,15 m^3 выгодно от-

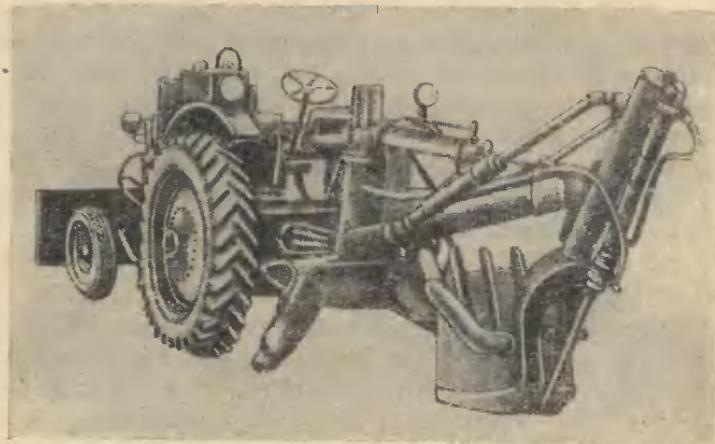


Рис. 17. Экскаватор Э-153.

личается своей маневренностью, небольшими размерами, чем создается возможность его использования в стесненных условиях города. Снабженный отвалом, он может работать как бульдозер при засыпке трассы после окончания ремонта кабельной линии.

Для разогрева грунта применяются электрические и рефлекторные печи, электрические электроды и газовые

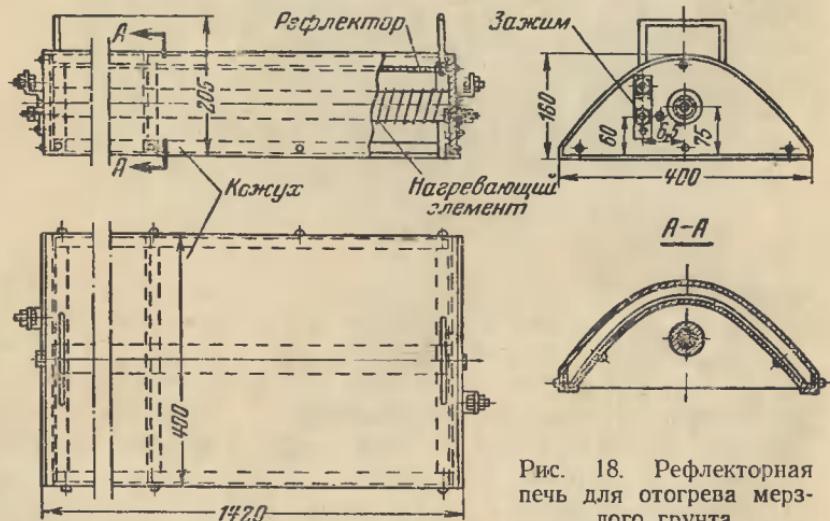


Рис. 18. Рефлекторная печь для отогрева мерзлого грунта.

горелки. В рефлекторной печи (рис. 18) в качестве нагревателя применяется никромовая или фехралевая проволока диаметром 3,5 мм, навитая спиралью на изолированную асбестом стальную трубку. Печь присоединяется к электрической сети напряжением 220/127 в. Площадь отогрева одной печи составляет $0,4 \times 1,5 \text{ м}^2$. При необходимости собирают комплект из трех печей, которые соединяются в звезду или треугольник в зависимости от напряжения сети. Мощность комплекта из трех печей составляет 18 квт.

Отогреваемая площадь предварительно очищается от снега, льда, усовершенствованных покрытий. При отогреве грунта для рытья траншеи печи укладываются по ее оси. При отогреве грунта для котлована при монтаже кабельной муфты печи располагают параллельно на расстоянии 0,2—0,3 м одна от другой. Время, необходи-

димое для отогрева 1 m^3 , составляет от 8 до 12 u , а расход энергии — порядка 50 $квт \cdot ч$.

При пользовании печами необходимо обеспечить требования по технике безопасности. Место отогрева должно быть ограждено, контактные зажимы для присоединения проводов закрыты, а спирали печи не должны касаться грунта.

Отогрев грунта электрическим током при помощи электродов (рис. 19) производится следующим образом.

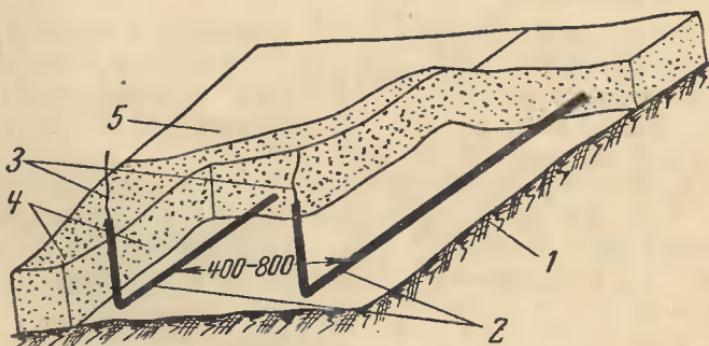


Рис. 19. Укладка горизонтальных электродов на мерзлый грунт с засыпкой опилками.

1 — мерзлый грунт; 2 — горизонтальные электроды $d=12$ $мм$; 3 — провода, подводящие ток; 4 — опилки, смоченные раствором соли; 5 — верхнее утепление (толь, деревянные щиты, маты и т. д.).

Электроды укладываются горизонтально на мерзлый грунт и поверхность его засыпается слоем опилок, смоченных в водном растворе соли. Толщина слоя опилок составляет 150—200 $мм$. Так как мерзлый грунт плохо проводит электрический ток, слой опилок в начале прогрева является носителем тепла, а по мере отогрева грунта и увеличения его проводимости опилки служат теплоизоляцией, уменьшая потери тепла от рассеивания.

Горизонтальные электроды изготавливаются длиной 2,5—3 $м$ из полосовой стали. Питание электрическим током осуществляется от сети 127—220 и даже 380 $в$.

Расстояние между рядами электродов, включаемых на линейное напряжение, составляет 400—500 $мм$ при 220 $в$ и 700—800 $мм$ при напряжении сети 380 $в$. Отогрев грунта электрическим током под напряжением до

380 в относится к работам с повышенной опасностью. Поэтому они могут выполняться лишь при условии выполнения мер безопасности.

Безопасные условия отогрева грунта могут быть созданы, если на горизонтальные электроды подавать напряжение 12 в от специального понижающего трансформатора.

Для отогрева грунта с помощью газовых горелок используется сжиженный газ пропан-бутан в баллонах емкостью 23 кг.

В городских условиях место раскопок в связи с ремонтом должно быть тщательно ограждено на всем протяжении, а места переходов через траншеи перекрыты щитами. Конструкции сборно-щитового ограждения показаны на рис. 20.

Согласно требованиям Правил техники безопасности для строительно-монтажных работ на ограждениях должны быть вывешены предупредительные надписи и знаки, а в ночное время — сигнальное освещение.

Б. Порядок, объем и содержание ремонта кабельной линии

Выведенная из эксплуатации кабельная линия в связи с ее повреждением заносится в сводку поврежденных линий (приложение 7), которая хранится у дежурного диспетчера. Результаты измерения, т. е. определение места повреждения линии, указываются измерителем непосредственно на трассе и фиксируются в протоколе измерения. Протокол этот также хранится у дежурного диспетчера.

После оформления разрешения на право производства разрытия руководитель работ — мастер централизованного участка до того как приступить к земляным работам выполняет следующее:

1. Вызывает на место предстоящих работ телефонограммой представителей организаций, подземное хозяйство которых может попасть в зону разрытий (телефона, телеграфа, трамвая и т. д.), и получает у них необходимые сведения о местоположении их сооружений, технических условиях и допуск на право производства работ.

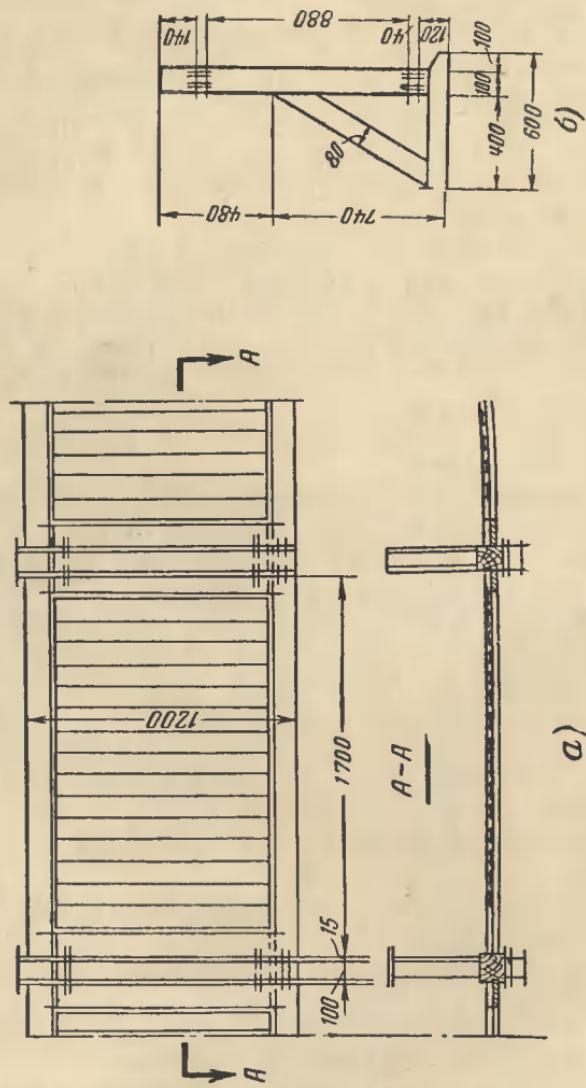


Рис. 20. Сборно-щитовое ограждение траншей на территории города.
 а — фасад наружной стороны; б — стойка.

2. Уточняет по рабочим чертежам количество и наименование кабельных линий, попадающих в раскопку, и определяет меры охраны действующих линий от механических повреждений при производстве земляных работ для ремонта линии.

3. Определяет метод производства земляных работ, исходя из конструкции покрытия, потребность в механизмах, транспорте и рабочей силе.

4. Организует доставку на место работ щитов для ограждения участка работы, установку необходимых сигнальных знаков, пешеходных мостиков для организации движения пешеходов в зоне работ.

5. Выбирает место для размещения фургона.

Согласно требованиям Правил технической эксплуатации (§ 925), разработка грунта механизмами и ударными инструментами на расстояниях ближе 1 м от кабелей, а также применение отбойных молотков для рыхления грунта над кабелями на глубине более 0,4 м, включая толщину усовершенствованных дорожных покрытий, не допускаются.

Для уточнения местоположения кабельных линий в случае необходимости перед началом работ производится контрольное вскрытие. Контрольный шурф роется поперек трассы линии и на расстоянии 0,5 м от указанной в рабочем чертеже привязки, а затем постепенно подкапываются к кабелю, определяя его положение в плане и профиле (по глубине).

Дальнейшее углубление котлована или траншеи сверх 0,4 м производится лопатой и с надлежащей осторожностью. В зимнее время земляные работы на трассах кабельных линий производятся только при условии предварительного отогрева грунта способами, описанными выше.

После того как место повреждения обнаружено, объем и содержание ремонта кабельной линии определяются в зависимости от характера повреждения и состояния изоляции кабеля.

Повреждение кабельной линии в целом месте обычно является следствием образования сквозного отверстия в металлической оболочке кабеля, нарушения герметизации и проникновения влаги в изоляцию кабеля. Рывк свинцовой оболочки и нарушение герметизации в ряде случаев происходят также в результате избыточ-

ного давления, создаваемого маслоканифольным составом в нижних участках крутонаклонных и вертикальных трасс. Повреждения свинцовой оболочки обычно легко обнаруживаются при осмотре по подтекам маслоканифольного состава в коллекторах, туннелях, каналах, а также колодцах, где кабели проложены открыто.

Ремонт свинцовой оболочки и восстановление герметизации кабеля могут быть произведены лишь в случае, если имеется полная уверенность в том, что изоляция кабеля не повреждена, влага в кабель не проникла, и выполняются в следующей последовательности:

- а) удаляют часть свинцовой оболочки по обе стороны от места повреждения;
- б) осматривают и снимают верхнюю ленту поясной изоляции и проверяют ее на отсутствие влаги;
- в) производят разбортовку торцов заводской свинцовой оболочки;
- г) восстанавливают свинцовую оболочку и герметизацию кабеля путем заключения оголенного участка в свинцовую трубу, разрезанную вдоль, с последующей пайкой продольного шва и шеек после обивки, а также заливочных отверстий после заполнения трубы кабельной массой.

При установлении разрыва свинцовой оболочки в результате давления от стекания маслоканифольного состава необходимо, кроме того, устранить причины, их вызывающие. Это достигается установкой стопорной муфты или монтажа муфты из эпоксидного компаунда на вертикальных и крутонаклонных участках трассы кабеля с разностью уровней более 15 м.

Если при проверке установлено проникновение влаги в изоляцию кабеля, поврежденный участок вырезают и вместо него делается вставка из кабеля, аналогичного по сечению и напряжению. В местах соединения вставки с кабелем монтируются две соединительные муфты. По обеим сторонам муфт необходимо создать запас кабеля в виде волнообразного изгиба (допустимого радиуса), расположенного в горизонтальной или вертикальной плоскости траншеи в зависимости от условий на месте работ.

Минимальная длина применяемой для ремонта вставки по условиям удобства монтажа составляет 3 м.

При повреждении кабеля под нагрузкой засос влаги через дефектное место в герметическую оболочку может быть весьма интенсивным и на большую длину в связи с образованием в кабеле вакуума при остывании. В этом случае и объем ремонтных работ может значительно увеличиться. Повреждение кабельной линии, проложенной в блочной канализации в целом месте, вызывает необходимость замены всей строительной длины кабеля, проложенного между двумя смежными колодцами.

Ремонт изоляции кабеля в случае пробоя при профилактических испытаниях либо при однофазном замыкании на землю, а также механическом ее повреждении может быть выполнен без разрезки токоведущих жил путем монтажа так называемой бесклеммной муфты, так как токопроводящие жилы кабеля либо вовсе не имеют повреждений, либо весьма незначительные. Ремонт изоляции без развитого дефекта места повреждения может быть произведен, однако, при наличии достаточной слабины, позволяющей развести жилы для того, чтобы пройти между ними бумажным рулоном в процессе подмотки, ремонта и восстановления поврежденной изоляции. Как и при ремонте свинцовой оболочки, место повреждения заключается в свинцовую трубу, разрезанную вдоль, которая затем запаивается, заливается кабельной массой и заключается в металлический кожух, как в обычной соединительной муфте.

Повреждения кабельных линий в муфтах являются следствием:

а) растяжки токопроводящих жил в месте соединения из-за плохой пайки либо в результате возникновения растягивающих усилий при отсутствии запаса кабеля (компенсаторов), оставляемых с обеих сторон муфты при монтаже;

б) нарушения герметизации муфты в результате плохой пайки шеек, заливочных отверстий либо в связи с возникновением растягивающих усилий и избыточных давлений;

в) небрежного выполнения монтажа муфты.

Повреждения кабеля в муфте из-за растяжки обычно сопровождаются выгоранием токопроводящих жил вследствие возникающего при этом тока короткого замыкания. Ремонт кабеля в этом случае сводится к удалению поврежденной муфты и повторному соединению

токопроводящих жил в новой муфте при наличии запаса кабеля либо с помощью кабельной вставки с установкой двух муфт. Длина вставки в этом случае определяется степенью увлажнения изоляции.

В случае растяжки кабеля без выгорания токопроводящих жил дефектная муфта вырезается и токопроводящие жилы соединяются в новой муфте при наличии запаса или возможности создания его за счет спрямления трассы. В случае отсутствия запаса соединение жил осуществляется с помощью вставки с монтажом двух соединительных муфт.

Нарушение герметизации свинцовой муфты, как и в целом месте кабеля, легко обнаруживается при открытой прокладке его в туннелях, колодцах и каналах по подтекам маслоканифольного состава.

Ремонт муфты в этом случае может быть ограничен пропайкой места нарушения герметизации припоем ПОС-30. При повреждении свинцовой муфты в результате избыточного давления, вызываемого стеканием маслоканифольного состава, необходимо принять меры по установке на кабеле стопорной муфты либо муфты из эпоксидного компаунда, как это было указано выше. В ряде случаев восстановление герметизации и устранение течи синцовых муфт может быть достигнута путем замены установленных свинцовых муфт на муфты типа МСМ (с присадкой меди) либо аналогичные муфты, но с большей толщиной стенок (3—3,5 мм).

Удаление поврежденной муфты и установка новой разрезанной вдоль выполняются в той же последовательности, что и ремонт свинцовой оболочки в целом месте кабеля.

Ремонт чугунных муфт при растяжках, замыканиях на корпус и других повреждениях выполняется также путем восстановления соединения жил в новой муфте при наличии запаса кабеля либо применения вставки с монтажом двух соединительных муфт в случае отсутствия запаса. Демонтированная чугунная муфта может быть использована вновь при условии ее тщательной очистки от старой заливочной массы и промывки деталей муфты в керосине или бензине.

Ремонт концевых муфт в случае электрического пробоя ее изоляции или разрушения током короткого замыкания производится путем вырезки муфты.

При наличии запаса объем ремонтных работ в этом случае может быть ограничен монтажом только концевой муфты и наконечников. Если запаса кабеля нет, то в конце линии монтируется вставка необходимой длины и монтируются соединительная и концевая муфты.

При повреждении изолирующих частей муфт, как-то: фарфоровых изоляторов, втулок, их необходимо заменить новыми. При смене изоляторов и втулок необходимо проверить, не проникла ли влага внутрь корпусов по жилам и изоляции в корешок разделки. Если влага обнаруживается, муфту необходимо полностью перемонтировать. В случае проникновения влаги в корешок разделки кабель необходимо вырезать на всю длину проникновения влаги. Объем ремонта при этом определяется прокладкой конца кабеля с монтажом одной соединительной и концевой муфт.

При монтаже как соединительных, так и концевых муфт необходимо проверить подготовленный к монтажу ремонтируемый кабель и кабельную вставку на одноименность фаз.

Обычно фазы кабелей, изготовленных по ГОСТ 340-59 и 6515-55, имеют следующую расцветку верхней ленты изоляции жил:

- а) натурального естественного цвета бумаги;
- б) красного или натурального цвета с красной полоской;
- в) любого другого или натурального цвета с цветной полоской.

Нулевую жилу четырехжильного кабеля легко отличить от других жил по ее размерам.

Прокладку вставки необходимо выполнить таким образом, чтобы при соединении ремонтируемого кабеля со вставкой требуемое чередование — одноименность фаз было соблюдено без перекручивания кабеля вокруг оси, а также крутого выгибания жил в муфте. Это требование легко осуществить при соблюдении направления скрутки токопроводящих жил ремонтируемого кабеля и вставки. При монтаже муфт в процессе сооружения линии расцветка соединяемых между собой токопроводящих жил не всегда соблюдается по соображениям удобства монтажа, так как фазировка линии выполняется на концевых муфтах. Поэтому при повреждении в соединительной муфте необходимо предварительно выяснить

цвета соединенных между собой жил в поврежденной муфте либо произвести фазировку до выполнения соединения в новой муфте для определения одноименных фаз.

Для проверки одноименности фаз на обоих концах кабельной линии производят заземление одной из фаз, например Ж, через сопротивление 1 Мом, фазу З присоединяют к земле без сопротивления, а фазу К к земле не присоединяют.

Если после этого из котлована произвести испытание обоих концов соединяемой линии мегомметром, то по величине сопротивления жил по отношению к земле легко обнаружить искомые фазы, а именно: сопротивление фазы Ж составит 1 Мом, фазы З — нуль и фазы К — бесконечность.

Ряд конструкций концевых муфт, например воронки овальной формы, устанавливаемые узкой стороной к персоналу, сухие разделки и другие аналогичные заделки, имеющие достаточную длину выходящих из муфты концов жил, позволяет произвести пересоединение концов жил кабеля, если проверка на одноименность фаз покажет необходимость в этом. Монтаж муфт в таких случаях может производиться без предварительной фазировки соединяемых концов жил.

Для анализа причин повреждения линии образец кабеля с местом повреждения вырезается и направляется в лабораторию. Результаты анализа оформляются актом (приложение 8).

Положение муфты или кабельной вставки после окончания монтажа необходимо занести в эскизную книжку для внесения необходимых изменений в чертежи трассы и паспорт кабельной линии.

9. ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

А. Задачи охраны кабельных линий

Охрана кабельных линий предусматривает выполнение следующих основных работ:

- а) обход и осмотр трасс кабельных линий;
- б) допуск и надзор за раскопками на трассах и вблизи кабельных линий;
- в) информация населения, домоуправлений, строительных и других организаций о порядке производства

раскопок в целях предупреждения механического повреждения кабельных линий при производстве земляных работ.

Б. Обход и осмотр трасс кабельных линий

Требованиями Правил технической эксплуатации предусматриваются следующие сроки осмотра трасс кабельных линий напряжением до 35 кв (§ 919):

- а) трасс кабелей, проложенных в земле, — по местным инструкциям, но не реже 1 раза в 3 мес.;
- б) кабелей, проложенных в коллекторах, туннелях и по мостам, — не реже 1 раза в 3 мес.;
- в) концевых муфт на линиях напряжением выше 1 000 в — 1 раз в 6 мес., а на линиях напряжением 1 000 в и ниже — 1 раз в год;
- г) кабельных колодцев — 1 раз в год;
- д) подводных кабелей — по местным инструкциям.

Для повышения эффективности охраны кабельных линий необходимо установить разные сроки осмотра трасс.

Для трасс, не имеющих усовершенствованного дорожного покрова (асфальт, бетон), вертикальной и горизонтальной планировки, доступных случайнм бесконтрольным раскопкам (пустыри, поля, огороды, строительные площадки, участки трассы, где возможны осадки, оползни и подвижки грунта), необходимо устанавливать более частую периодичность осмотров. Весной во время таяния снега, а также после сильных дождей, паводков, когда наиболее вероятны размыты грунта, необходимо производить внеочередные осмотры трасс.

Для трасс, имеющих усовершенствованные дорожные покрытия в виде асфальта и бетона, либо в случаях прокладки их в туннелях, коллекторах, где возможность бесконтрольных, случайнх раскопок исключается, периодичность осмотра может быть установлена более редкая.

Трассы кабельных линий соответственно территориям, по которым они проходят, делятся на трассы открытых и закрытых территорий.

Открытыми территориями трасс кабельных линий называются проезды улиц, переулков, площадей, дворы

домовладений и другие доступные всем территории, где проложены кабели.

Закрытыми территориями трасс кабельных линий считаются огражденные и охраняемые территории предприятий, фабрик, заводов, воинских частей и электрических станций и подстанций, где проложены кабели.

При обходе и осмотре трасс кабельных линий открытых территорий проверяется:

а) нет ли разрытий на трассе, выполняемых без разрешения и согласования с городской электрической сетью (посадка деревьев, кустарника, установка лесов, строительство гаражей, палаток, установка или замена столбов для забора, ворот, оборудование спортивных площадок во дворах домоуправлений и т. п.);

б) не завалена ли трасса землей, материалами, углем, шлаком или предметами большой тяжести;

в) наличие и состояние постоянных предупредительных плакатов на трассе линии, а также вешек-ориентиров на участках, где трасса кабельных линий проходит по пустырям, полям, огородам и территориям, где нет капитальных сооружений;

г) состояние мест пересечений кабельных трасс с грунтовыми дорогами, канавами, кюветами, оврагами;

д) отсутствие размывов, провалов, сползания и высыпания грунта из-под кабелей при прокладке вдоль грунтовой дороги или на косогорах;

е) наличие защиты вертикальной части кабеля на высоту 2 м в месте выхода из земли на вводные устройства, опоры воздушных линий или стены домов;

ж) состояние стыков рельс в местах пересечений и сближений кабельных линий с электрическими железными дорогами на участке не менее 100 м в обе стороны от места пересечения или сближения;

3) наличие и исправность креплений, специальных устройств на береговых участках трассы в месте перехода кабелей с берегов в реку, сигнальных знаков на подводных переходах.

При обходе и осмотре трасс кабельных линий закрытых территорий проверяется:

а) наличие на генеральном плане предприятия или другого ведомства, занимающего эту территорию, охранной зоны вдоль трасс кабельных линий. Охранной

зоной называется участок земли, занимаемый кабельными линиями плюс по 1 м в обе стороны от крайнего кабеля;

б) наличие приказа или распоряжения по предприятию (ведомству), запрещающего производство земляных работ без ведома и согласования с городской электрической сетью;

в) выделение ответственного лица за сохранность кабельных линий на территории предприятия (ведомства).

Обход трасс кабельных линий закрытых территорий производится представителем городской электрической сети совместно с ответственным лицом (обычно энергетиком), выделенным согласно приказу. При осмотре трасс кабельных линий закрытых территорий к ним предъявляются те же требования, что и к трассам на открытых территориях.

Осмотр трасс подводных переходов кабельных линий через реки, каналы и другие водоемы выполняется с помощью водолазов, при этом проверяется:

а) состояние мест переходов кабелей из берегов в воду; в этих местах может быть размыт грунт, кабели могут быть обнажены, находиться в подвешенном состоянии, сдвинуты и переплетены между собой;

б) состояние трассы подводного перехода (глубина залегания кабеля в дне, размытие грунта), наличие волокуш, сброшенных якорей и т. п.

Все обнаруженные дефекты на трассе подводного перехода кабельных линий немедленно устраняются на месте.

Осмотр кабельных колодцев производится двумя лицами под руководством технического персонала с соблюдением требований Правил техники безопасности. При осмотре проверяются:

а) наличие запора на нижнем люке колодца и его исправность, доступность к крышке колодца;

б) отсутствие воды и посторонних предметов и особенно горючих материалов (джут на кабелях, кабельная масса, остатки материалов после монтажа муфт и др.);

в) состояние брони кабельных линий, кабели должны быть покрашены асфальтовым лаком;

г) надежное внешнее состояние соединительных муфт и их опорных конструкций;

д) отсутствие натяжения или смещения кабелей по отношению к опорным конструкциям в результате коротких замыканий либо температурных изменений, а также натяжения и нарушения креплений кабелей в береговых колодцах, создаваемых сброшенными якорями (волокушами) с судов, барж, плотов при проходе их над трассами кабельных линий;

е) наличие маркировки кабелей на обоих концах (вход и выход);

ж) состояние строительной части (отсутствие трещин, нарушений гидроизоляции, вентиляции и сети освещения, если она имеется, наличие пробок в резервных отверстиях).

Осмотр и проверка состояния кабелей, проложенных в туннелях, коллекторах и кабельных подвалах, производится по аналогии с кабелями, проложенными в колодцах.

Результаты обходов трасс и осмотров состояния кабельных линий записываются лицом, производящим обход, в специальный журнал. Руководящий персонал обязан регулярно просматривать журнал и определять необходимые мероприятия для устранения выявленных дефектов и недостатков.

Выявленные дефекты трасс по закрытым территориям рассматриваются и устраняются ответственным персоналом предприятия с привлечением в случае необходимости представителей фабрично-заводской электропроверки.

Результаты осмотра трасс подводных кабельных переходов оформляются актом комиссии в составе ответственных представителей эксплуатации городской электрической сети, организации, производящей обследование, и водолаза, осматривавшего трассу под водой. В акте отмечаются все обнаруженные дефекты в состоянии трассы кабелей и проведенные работы по их устранению. В случае, когда нет возможности устранить выявленные на трассе линии дефекты из-за их большого объема, работы включаются в план капитального строительства следующего года.

Если в процессе обхода и осмотра трасс обнаружены нарушения действующих «Правил по охране высоковольтных линий»

ковольтных электрических сетей», как-то: разрытия без согласования и разрешения, стоянка судов, барж в пределах охранной зоны подводного кабельного перехода, необходимо на месте составить акт о нарушении правил с вызовом на место представителя администрации инспекции либо органов милиции. Земляные работы на трассе линий необходимо при этом немедленно прекратить, а суда, баржи и другие плавучие средства должны быть выведены из охранной зоны.

Выявленные дефекты в концевых и соединительных муфтах кабельных линий в колодцах, туннелях и кабельных подвалах должны устраняться немедленно либо включаться в планы капитального ремонта, если состояние муфт на вызывает опасений. В первом случае выявленные дефекты записываются в книгу дефектов оборудования.

В. Допуски и надзор за раскопками на трассах и вблизи кабельных линий

Согласно «Правилам по охране высоковольтных электрических сетей» все виды работ на трассах кабельных линий могут производиться только при условии предварительного согласования этих работ с организацией, эксплуатирующей кабельные сети.

При рассмотрении проектов, связанных с производством земляных работ, необходимо, чтобы в них были предусмотрены специальные решения по защите кабельных линий, как-то:

а) порядок уведомления и последовательность производства работ на участках сближений и пересечений с кабельными линиями, а также сроки их начала и окончания;

б) конструкции креплений, распоры, шпунтовые ряды и др., исключающие подвижку, высыпание грунта, обнажение кабельных линий, растяжку муфт на участке сближения проектируемых траншей с трассой кабельных линий при производстве работ;

в) конструкции для подвески и защиты кабельных линий от механических повреждений и муфт от растяжки в процессе выполнения работ;

г) мероприятия по уплотнению грунта после засыпки глубоких траншей, исключающие осадки грунта и

растяжки кабелей в муфтах после окончания работ;

д) специальные асигнования в сметах и проектной документации, обеспечивающие выполнение предусмотренных в проекте решений по защите кабельных линий.

Разработанные проектной организацией меры по обеспечению сохранности кабельных линий могут быть дополнены или изменены по требованию эксплуатирующей организации при согласовании проекта.

По степени опасности в отношении возможности механических повреждений кабельных линий места производства земляных работ делятся на две зоны:

I зоной называется участок земли, занимаемый кабельными линиями плюс по 1 м в обе стороны от крайнего кабеля; II зоной называются участки земли, расположенные на расстоянии более 1 м от крайнего кабеля.

Правилами технической эксплуатации не допускается работа землеройных машин в I зоне. Применение отбойных молотков для рыхления грунта над кабелями допускается лишь на глубину не более 0,4 м при условии нормальной глубины заложения кабельных линий (0,7 м).

Применение клин-бабы, шар-бабы и других аналогичных ударных механизмов разрешается на расстоянии не ближе 5 м от кабелей, так как создаваемые при работе этих механизмов колебания почвы могут привести к нарушению мест соединения и растяжкам кабеля в муфтах. В зимних условиях работы в I зоне могут производиться при условии предварительного отогрева грунта. Чтобы кабели не были повреждены источником тепла, необходимо, чтобы слой грунта над кабелем был не менее 200 мм.

Допуск к земляным работам в I зоне является ответственным и сложным делом и поэтому должен осуществляться техническим персоналом или специально обученным монтером, читающим чертежи (геодезический план, профиль, вертикальная и горизонтальная планировки).

После получения уведомления о начале работ допускающий обязан в указанное время явиться на место, имея при себе план трассы кабельных линий, набор измерительного инструмента, а также предупредительные и запрещающие плакаты.

Перед допуском к земляным работам необходимо:

1) проверить наличие разрешения местного совета на право производства разрытия, а также согласованного со всеми заинтересованными организациями и городской электрической сетью проекта;

2) установить совместно с производителем работ содержание как основных, так и вспомогательных работ, технологическую последовательность их выполнения, а также выявить все организации, принимающие участие в работе;

3) проверить по чертежу городской электрической сети расположение кабельных линий, нанести охранную зону кабельных линий на рабочие чертежи, проверить совместно с производителем работ соответствие указанных в чертеже размеров действительному местонахождению кабеля путем раскопки контрольных шурфов;

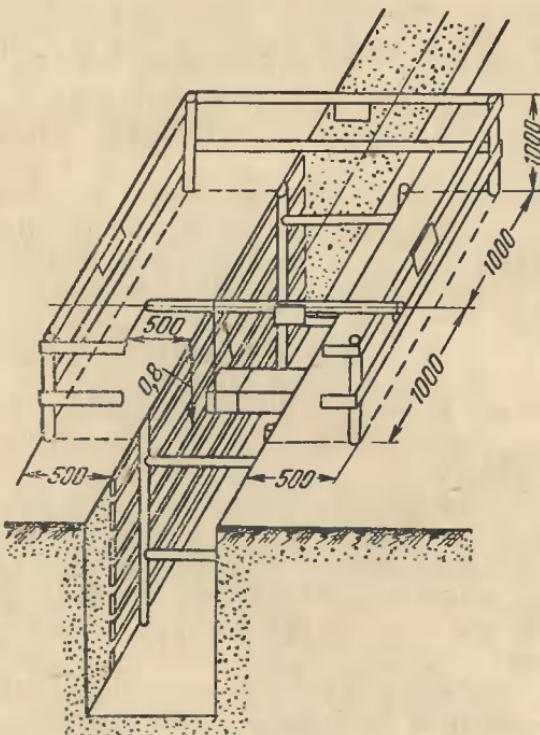


Рис. 21. Защита кабелей от механических повреждений при устройстве открытым способом глубокой траншеи, пересекающей кабельные линии.

4) установить совместно с производителем работ границу безопасного производства работ; зону кабельных линий необходимо оградить и вывесить предупредительные знаки (рис. 21).

После выполнения этих мероприятий допускающий выдает производителю работ разрешение, в котором указываются технические условия производства земляных работ, т. е. границы, фронт работ, сроки начала и окончания. Для обеспечения сохранности кабельных линий земляные работы в I зоне необходимо проводить при неотлучном надзоре представителя городской электрической сети.

Если в проекте производства работ отсутствуют конструкции для защиты и ограждения вскрываемых при раскопке кабельных линий от механических повреждений, то при их изготовлении на месте в ряде случаев можно пользоваться конструкциями, указанными на рис. 22.

При разрытии траншеи с помощью механизмов запретная зона работ (место пересечения траншеи кабельными линиями) ограждается щитами, на которых укрепляются предупредительные плакаты (рис. 23).

В течение всего времени работ необходимо обеспечить надзор и контроль за состоянием и выполнением технических условий согласования.

При посещении мест раскопки необходимо инструктировать производителя работ, бригадиров, ответственного по смене (при работе в 2—3 смены) о правилах охраны, недопустимости расширения зоны работ без ведома и разрешения представителя городской электрической сети.

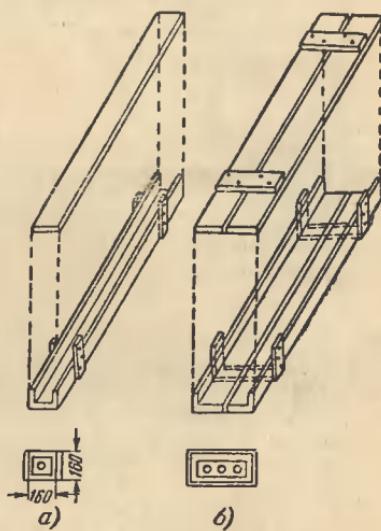


Рис. 22. Конструкции защитного короба.
а — для одного кабеля; б — для двух и более кабелей.

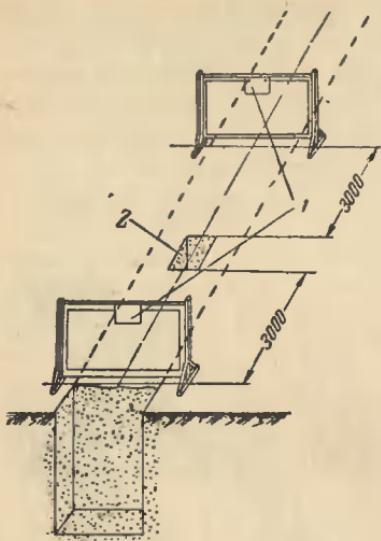


Рис. 23. Защита кабелей от механических повреждений при разрытии траншеи механизмами.

1 — плакаты; 2 — шурф для уточнения расположения кабелей.

После окончания земляных работ в I зоне необходимо, чтобы восстановительные работы, как-то: вскрытие защитных коробов, разборка креплений, раскладка кабелей, их тщательный осмотр, засыпка трассы и уплотнение грунта, произошли под непосредственным руководством и надзором лица, осуществляющего допуск к работам.

Кабельные линии, на которых производились земляные работы, должны быть отнесены к линиям с более частыми сроками профилактических испытаний.

О том что на трассе кабелей производились земляные работы, а также испытания линий, должна быть сделана соответствующая запись в паспорт кабельной линии.

Г. Информация населения, домоуправлений, строительных и других организаций

При строительстве в населенных местах зданий, сооружений, подземных коммуникаций, дорог и др., а также при посадке зеленых насаждений, устройстве сараев, гаражей, спортивных площадок и т. п. вследствие неосведомленности организаций и отдельных граждан о наличии в месте производства работ подземных кабельных линий последние зачастую повреждаются.

Во многих случаях персонал предприятий различных строительных, монтажных организаций, а также машинопрокатных баз не знает правил охраны кабельных линий и правил производства земляных работ.

Поэтому организация, эксплуатирующая кабельные сети, особенно в крупных городах, заинтересована в са-

мой широкой информации населения, организаций и предприятий о действующих правилах охраны кабельных линий и порядке производства земляных работ.

Для информации населения используются:

а) местные газеты, где печатаются отдельные выдержки из «Правил по охране высоковольтных электрических сетей», «Правил производства работ в городе», издаваемых горсоветом, а также указания, как следует поступать в случае необходимости производства земляных работ;

б) радиотрансляционная сеть, телевидение, где делаются специальные объявления, читаются обращения, а также кино;

в) плакатная информация, расклеиваемая на городских рекламных стенах, в трамваях, конторах домоуправлений, конторах строительств;

г) предупредительные постоянные и временные плакаты, размещаемые непосредственно на месте раскопок и трассах линий.

Помимо этого, эксплуатационный персонал проводит разъяснительную работу непосредственно в строительных и монтажных организациях и ремонтно-строительных трестах путем:

а) проведения технических совещаний с производителями работ, бригадирами по вопросу организации работ вблизи кабельных линий и мер по предупреждению их механического повреждения;

б) проведения аналогичных совещаний в жилищно-эксплуатационных конторах (ЖЭК), с работниками органов милиции, на которых возложены функции контроля за раскопками в пределах подведомственных им территорий;

в) организации выдачи памяток, писем и обращений к прорабам и бригадирам по вопросу охраны кабельных линий органами Городского совета одновременно с выдачей разрешения (ордера) на право производства разрытия;

г) проведения инструктажа персонала трестов зеленых насаждений перед наступлением сезона посадки деревьев о необходимости предварительного согласования проектов озеленения и соблюдения требуемых правил при производстве земляных работ;

д) вручения писем руководителям предприятий закрытых территорий, а также домоуправлениям, на территории которых проходят кабельные линии напряжением выше 1 000 в, с требованием нанесения охранной зоны вдоль трасс кабельных линий на генеральных планах подведомственных владений, а также выделения должностного лица, ответственного за содержание трасс и соблюдение правил охраны кабельных линий.

При наличии подводных кабельных переходов аналогичная работа проводится с соответствующим персоналом всех организаций, имеющих плавучие средства, пристани и дноуглубительные механизмы.

В местах перехода кабельных линий через полосу отчуждения железных и шоссейных дорог, а также трассы кабельных линий устанавливаются предупредительные плакаты о наличии кабеля, опасности производства разрытий без вызова представителя городской электрической сети.

10. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И УЧЕТ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Основной задачей учета является отражение технических параметров линии (сечение, длина, напряжение), состояния эксплуатации и работ, выполняемых на кабельной линии.

Данные учета должны обеспечить возможность планирования работ на кабельных линиях, контроля выполнения эксплуатационных работ, а также анализа технического состояния кабельных линий.

Для облегчения анализа и оценки технического состояния кабельных линий данные учета обобщаются по следующим видам работ:

а) выполнение плана эксплуатации по кабельным линиям;

б) техническое состояние кабельных линий, которое характеризуется:

1) перечнем кабельных линий напряжением выше 1 000 в с разбивкой их на группы по состоянию трасс и изоляции линий;

2) перечнем перегруженных кабельных линий на напряжением до и выше 1 000 в;

3) перечнем кабельных линий с ненормальным напряжением.

Первичными документами, характеризующими выполнение плана эксплуатации, являются:

- а) акт капитального ремонта линии (протокол вскрытия);
- б) журнал профилактического испытания линий;
- в) бланки измерения нагрузок и напряжения;
- г) разрешение на право производства земляных работ на трассе линии;
- д) ежедневные сведения о выполнении эксплуатационных работ.

Перечисленные выше работы по мере их выполнения, как и другие эксплуатационные данные, записываются в соответствующие разделы паспорта кабельной линии.

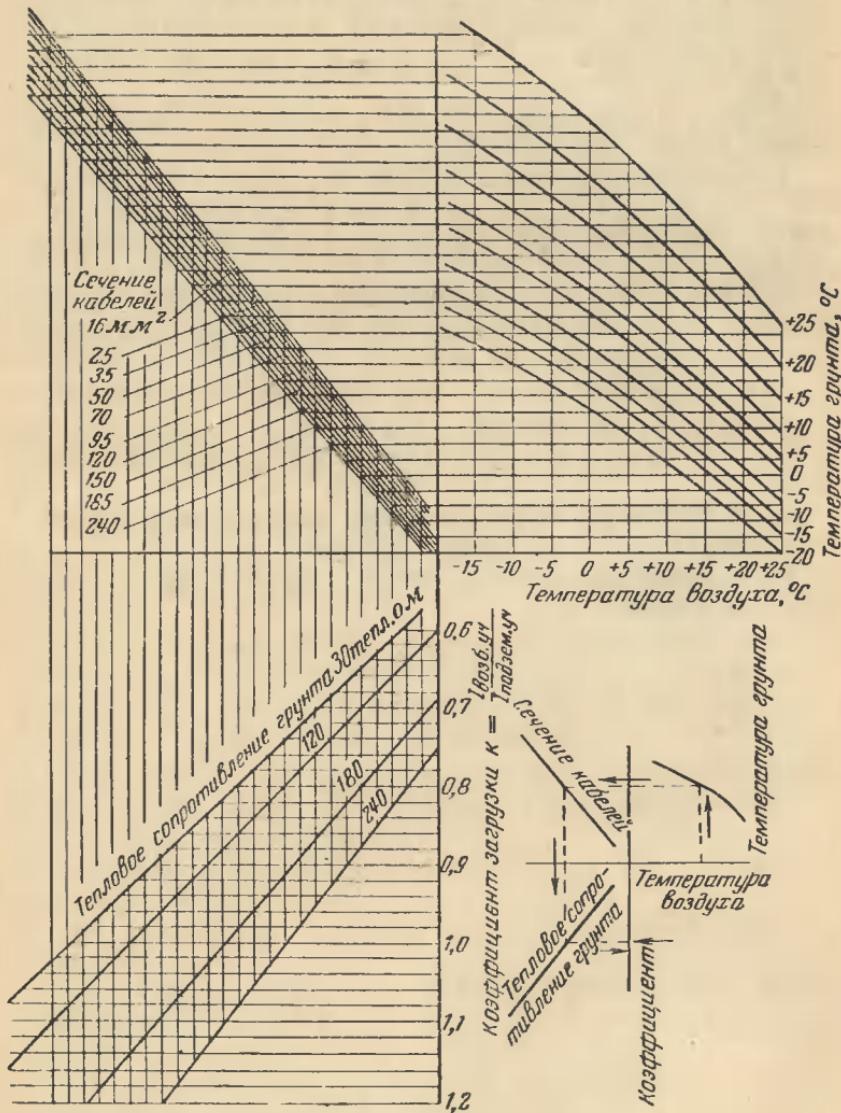
Наряду с состоянием эксплуатации данные учета должны отражать также изменения, вызванные ремонтом или реконструкцией линии.

Эти изменения необходимо своевременно отразить:

- а) в паспорте линии;
- б) в планах и копиях планов трасс кабельных линий;
- в) в условных географических оперативных схемах сети напряжением до и выше 1 000 в;
- г) в условных выпрямленных и других схемах кабельных линий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Номограмма для определения коэффициента загрузки воздушных участков кабелей при смешанной прокладке в зависимости от различных температур воздуха и земли и различных значений теплового сопротивления грунта



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Отчетная форма по расчету потерь в кабелях сети до и выше 1000 в

До изменения схемы					После изменения схемы				
№ участков	Сечение кабеля, мм ²	Длина кабеля, км	Максимальная нагрузка, а	Потери мощности $\Delta P_{1\max}$, квт	№ участков	Сечение кабеля, мм ²	Длина кабеля, км	Максимальная нагрузка, а	Потери мощности $\Delta P_{1\max}$, квт
ТП1	120	150	300	6,2	ТП1	120	150	150	1,78
ТП2	120	150	0	0	ТП2	120	150	150	1,78
Итого		300	300	6,2	Итого		300	300	3,65

Экономия $\Delta P_{\text{каб. макс}} = \Delta P_{1\max} - \Delta P_{2\max}$ квт = 6,2 - 3,56 = 2,64 квт.

Годовой эффект $\Delta P_{\text{каб. макс}} \cdot \text{год} \cdot \tau \cdot 10^{-3}$ тыс. квт·ч = 2,64 · 2 500 = 6,600 квт·ч.

196 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Отчетная форма эффективности перевода напряжения с 3 на 6 кв и с 6 на 10 кв и непосредственного перевода со 120 на 220 в магистральной кабельной сети

№ ТП	№ участков	Сечение кабеля, мм ²	Длина кабеля, км	Максимальные потери в кабелях ΔP_{\max} , квт
Итого . .				

Перевод с 6 на 10 кв:

Годовой эффект 0,60 $\Delta P_{\max} \cdot \text{год} \cdot 10^{-3}$ тыс. квт·ч.

Перевод с 3 на 6 кв.

Годовой эффект 0,85 $\Delta P_{\max} \cdot \text{год} \cdot 10^{-3}$ тыс. квт·ч.

Непосредственный перевод магистральной сети со 120 на 220 в и с 220 на 380 в.

Годовой эффект $0,67 \cdot \Delta P_{\max} \cdot \text{год} \cdot 10^{-3}$ тыс. квт·ч

$$\Delta W = \left[\Delta P_{1\max} - \frac{\Delta P_{1\max}}{\left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2} \right] \tau \cdot 10^{-3} \text{ тыс. квт·ч},$$

где ΔW — годовой эффект, квт·ч;

$\Delta P_{1\max}$ — максимальные потери в кабеле до перевода;

U_1 и U_2 — соответствующие среднезатратные напряжения линий до и после перевода;

τ — число часов работы в год с потерями, соответствующими максимальной нагрузке,

1	№ присоединения	2	Направление кабелей	3	Сечение кабеля, мм ²	4	№ трансформатора	5	Мощность трансформатора, кВт	6	Номинальный ток, а	7	Положение антаг. трансформатора	8	Номинальное напряжение обмоток высокой и низкой стороны трансформатора, в	9	Ж	10	З	11	К	12	О	Нагрузка на фазу, а

Произвел измерения:

1. Замечание по измерению:

2. Заключение начальника или главного инженера

План проведения мероприятий по кабельным

№ п/п.	Наименование напряжения	Дата измерения	Число и месяц	Час	Сечение, мм ²	Материал	Допустимая нагрузка, а	Номинальное эксплуатационное напряжение, кВ	Конструктивное напряжение, кВ	Напряжение между фазами или между фазами и нулевым проводом, в	ЖЭ или ЖО	ЖК или КО	ЗК или ЗО

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

час. —————— мин.

Напряжение между фазами или между фазами и нулевым проводом, в			$I_{ср. ариф} = \frac{I_ж + I_з + I_к}{3}$	% перегрузки $\frac{I_{макс}}{I_{ном}}$	% загрузки $\frac{I_{ср. ариф}}{I_{ном}}$	Коэффициент неравномерности нагрузок фаз $\frac{I_{асим}}{I_{ср. ариф}} \cdot 100\%$
ЖЭ или ЖО	ЖК или КО	ЗК или ЗО	16	17	18	19
13	14	15				

3. Что сделано

4. Утверждаю: начальник района

Дата _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

линиям напряжением..... на..... г.

Нагрузка, а на фазу				Коэффициент неравномерности	% перегрузки $\frac{I_{макс}}{I_{доп}}$	% загрузки $\frac{I_{ср. ариф}}{I_{доп}}$	Мероприятие, намеченное к проведению	Выполнение мероприятий	
Ж	З	К	О					Месяц по плану	Месяц фактического выполнения

Отчетная форма эффективности устранения неравномерной нагрузки фаз в трехфазной магистральной сети

№ т/п.	№ ТГ участ- ка	Сечение, $мм^2$	Длина, $мм$	$I_{ср.ариф}$, a	Максималь- ные потери при равномер- ной нагрузке фаз $\Delta P_{макс}$, $кВт$	$K_{нер}$	Кратность потерь при не- равномерной нагрузке		Экономия мощно- сти $\Delta P = \Delta P_{макс}$ ($n_1 - n_2'$), $кВт$
							до выравни- вания	после выравнивания	
							n_1	n_2	

Итого...

Годовой эффект ΔP $\tau_{\text{год}} \cdot 10^{-3}$ кгм·у.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Сводка кабельных линий, находящихся в ремонте, на 11—“

Протокол №

вскрытия и исследования образца кабеля, имеющего повреждения: аварийное, пробитое при профилактике, вырезанное для контрольного осмотра

Дата и время повреждения	Район	Сечение, $мм^2$, и материал	Напряжение			Адрес места повреждения
		медь алюминий				

1. Место прокладки кабеля: мостовая, тротуар и пустырь

2. Способ прокладки: в траншее (грунт: глина, песок, чернозем, мусор и т. п.), в трубах, туннеле

3. Глубина зарытия

4. Место повреждения: на прямой линии, на изгибе, сверху, снизу, сбоку

5. Наличие земляных работ

6. Наличие вблизи других кабелей и подземных сооружений (эскиз)

7. Характер нагрузки: осветительная, силовая, смешанная

8. Величина нагрузки (средняя за месяц)

9. Сведения о повреждениях кабеля за предыдущее время

10. Не был ли поврежден образец при вырезке

11. Год прокладки

12. Фамилия лиц, производивших прокладку

Оборот стороны приложения 8
Данные вскрытия кабеля

1. Марка кабеля _____ напряжение (конструкция) _____

2. Завод-изготовитель _____ Год изготовления _____

3. Общее состояние и характер повреждения образца _____

4. Состояние защитных покрытий _____

5. Состояние свинцовой оболочки _____, толщина _____

6. Состояние поясной изоляции _____

7. Количество лент поясной изоляции _____, толщина _____

8. Состояние и качество заполнителей _____

9. Состояние жильной изоляции _____

10. Количество лент жильной изоляции _____, толщина _____

11. Характер выгорания жил _____

12. Дефекты жил _____

13. Заключение _____

Вскрытие производил:

Начальник лаборатории: _____

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, Госэнергоиздат, 1962.
2. Правила устройства электроустановок, раздел 1, Госэнергоиздат, 1957.
3. Испытания и измерения на кабельных линиях, ОРГРЭС. Госэнергоиздат, 1959.
4. Баранов и др., Сооружение и эксплуатация кабельных линий, Госэнергоиздат, 1959.
5. Информационное сообщение № Э-12/60 о пропускной способности кабельных линий (ОРГРЭС), Госэнергоиздат, 1960.
6. Правила защиты подземных металлических сооружений от коррозии, СН-28-58, Госстрой СССР, Госиздат литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1958.

Цена 16 коп.

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ

Ашкенази Г. И. и др., Электрооборудование театрально-зрелищных зданий (Вып. 57)

Волоцкой Н. В., Люминесцентные лампы и схемы их включения в сеть (Вып. 68)

Гумин М. И., Схемы управления масляными выключателями, автоматами и контакторами (Вып. 82)

Демчев В. И. и Царьков В. М., Прожекторное освещение (Вып. 61)

Дормакович П. А. и др., Изготовление и обслуживание газо-светных установок (Вып. 72)

Злобин В. В., Испытание силовых трансформаторов при монтаже (Вып. 64)

Иевлев В. И. и Рябцев Ю. И., Монтаж трансформаторов на напряжением 500 кв (Вып. 52)

Кастанович М. М., Как работают провода, изоляторы и арматура линий электропередачи (Вып. 63)

Камнев В. С., Подшипники качения в электрических машинах (Вып. 20)

Кожин А. Н., Релейная защита линий 3—10 кв на переменном оперативном токе (Вып. 38)

Колузаев А. М., Ремонт и обслуживание быстродействующих выключателей типа ВАБ-2 (Вып. 75)

Мусаэлян Э. С., Проверки и испытания при монтаже турбогенераторов. Обмотки статора и ротора (Вып. 79)

Плетнев Л. Ф., Реле прямого действия их наладка и проверка (Вып. 48)

Харитонов М. Г., Опыт обслуживания и ремонта КРУ Запорожского завода (Вып. 17)

Чернев К. К., Обслуживание распределительных устройств высокого напряжения (Вып. 47)

Перечисленные выше книги требуйте в магазинах Книготорга.

В случае их отсутствия в местных магазинах, заказ можно направить по адресу: Москва, К-50, ул. Медведева, 1, отдел «Книга — почтой» магазина № 8 «Техническая книга». Заказ выполняется наложенным платежом.

Госэнергоиздат заказов на книги не принимает и книг не высыпает.