МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО КАТОДНОЙ ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО

Москва 1985

gost.e-ecolog.ru

УДК 620.197.3: 621.311.2.(083.96)

Р А З Р А Б О Т А Н О Научно-исследовательским институтом по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения (НИИПТ)

И С П О Л Н И Т Е Л И Н.И.ТЕСОВ, Н.И.ИВАНОВ, И.С.СКОСЫРЕВ, Л.Г.ТАНАНАЕВА (НИИПТ), Ф.А.ЛИХАЧЕВ (Союзтехэнерго)

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем

Заместитель начальника Главтехуправления К.М.АНТИПОВ

30.03.84 г.

Настоящие Руководящие указания составлены в соответствии с требованиями ГОСТ 9.015-74, ГОСТ 25812-83, ПТЭ, ПТБ, СНиП с учетом опыта катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии различных организаций Минэнерго СССР, Мингазпрома, Миннефтепрома СССР и современных разработок в этой области, выполненных НИИПТ.

Руководящие указания предназначены для инженерно-технических работников проектных, строительных и эксплуатационных организаций, занимающихся вопросами катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии.

С выходом настоящих Руководящих указаний все ранее выпущенные руководящие указания и инструкции по катодной защите подземных энергетических сооружений от коррозии считаются утратившими силу.

© СПО Союзтехэнерго, 1985.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. В настоящих Руководящих указаниях даны рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии.

I.2. К подземным энергетическим сооружениям относятся: электрические кабели, теплосети, водоводы, газопроводы и нефтепроводы.

2. КОРРОЗИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

2.I. Основными видами электрохимической коррозии являются общая и контактная коррозия, коррозия в поле блуждающих токов, а также биологическая коррозия.

2.2. Общая коррозия металлов обусловлена их структурной неоднородностью (гетерогенностью). Основной причиной общей коррозии металлов является образование на их поверхности, соприкасающейся с коррозионной средой, микрогальванических элементов.

2.3. Контактная коррозия подземных сооружений вызвана электрохимическим составом разнородных металлов, входящих в конструкцию этих сооружений. Скорость распространения контактной коррозии зависит от параметров контактирующих металлов и агрессивности окружающей среды и в ряде случаев может значительно превышать скорость распространения общей коррозии (особенно вблизи границы соприкасания металлов).

2.4. Коррозия подземных сооружений в поле блуждающих токов обусловлена воздействием на них токов, протекающих в земле вследствие работы различных электрических установок, систем и устройств (электрифицированные железные дороги на постоянном токе, городской электрифицированный рельсовый транспорт, установки катодной

защиты). Скорость распространения коррозии в поле блуждающих токов определяется плотностью этих токов в земле, их распределением в районе подземного сооружения, а также параметрами металла и нанесенных на него защитных покрытий.

2.5. Биологическая коррозия металлов в подземных условиях вызвана электрохимическими процессами, связанными с жизнедеятельностью бактерий.

2.6. Характерным признаком электрохимической коррозии металла является разделение поверхности металла на анодные и катодные зоны, при этом коррозия металлов происходит только в анодной зоне.

2.7. Основными параметрами, определяющими скорость распространения коррозии металлов, являются стационарный электродный потенциал, удельная поляризуемость и поляризационное смещение потенциала на поверхности соприкосновения металла с окружающей средой (межфазная граница). Эти параметры определяются структурой двойного электрического слоя, образующегося на межфазной границе.

2.8. Значение стационарного электродного потенциала характеризует скачок потенциала на границе металла с коррозионной средой при отсутствии плотности тока на этой границе и определяет значение распределенной электродвижущей силы при контакте двух или более соединенных между собой металлов, помещенных в данную коррозионную среду. Для измерений стационарных потенциалов в условиях коррозии подземных сооружений используется медносульфатный электрод сравнения.

Значения стационарных потенциалов некоторых металлов, используемых в подземных энергетических сооружениях, относительно медносульфатного электрода сравнения приведены в табл.2.I.

Таблица 2.I

Значения средних стационарных потенциалов металлов по отношению к медносульфатному электроду сравнения

Наименование металла	Средний стационарный потенциал по отношению к медносульфатному электроду сравнения, В
Сталь	-0,55
Алюминий	-0,70
Свинец	-0,48

2.9.. Интенсивность процессов коррозии подземных сооружений определяется параметрами грунтов (удельным сопротивлением, концентрацией солей, воздухопроницаемостью и др.). Методика измерения параметров грунта дана в разд.4.

3. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ КОРРОЗИИ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

3.I. Измерения для оценки коррозионного состояния (коррозионные измерения) должны производиться на подземных энергетических сооружениях с периодичностью, указанной в ГОСТ 9.015-74.

3.2. Коррозионные измерения должны производиться при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных энергетических сооружений.

3.3. Результаты коррозионных измерений должны учитываться при проектировании подземных энергетических сооружений для:

- определения трасс прокладок;
- выбора мест установки устройств защиты от коррозии;
- осуществления совместной катодной защиты от коррозии подземных энергетических сооружений.

3.4. Результаты коррозионных измерений прошлых лет рекомендуется использовать как дополнительный материал по оценке опасности коррозии подземных энергетических сооружений.

3.5. Коррозионные измерения при проектировании должны производить организации, разрабатывающие проект данного подземного сооружения, или специализированные организации.

3.6. На действующих подземных сооружениях коррозионные измерения должны проводиться в целях:

- выявления участков подземных сооружений, размещенных в грунтах с повышенной коррозионной активностью;
- выявления влияния источников блуждающих токов;
- определения потенциального состояния подземных сооружений;
- определения исходных данных для проектирования катодной защиты подземных сооружений от коррозии;
- наладки и введения в эксплуатацию устройств защиты от коррозии;
- контроля за работой устройств защиты от коррозии.

3.7. Коррозионная активность грунтов, грунтовых и других вод должна определяться по поляризационным кривым, потере массы образцов, а также по удельному сопротивлению и результатам химических анализов проб грунта и воды.

Опасность коррозии должна определяться по каждому из указанных выше показателей в соответствии с методикой, описанной в разд. 1.

3.8. Коррозионная активность грунтов по отношению к углеродистой стали дана в табл.3.I.

Таблица 3.I

Коррозионная активность грунтов по отношению к стали

Коррозионная активность	Удельное электрическое сопротивление грунта ρ, Ом·м	Потеря массы образца, г/сут	Средняя плотность поляризующего тока, мА/см^2
Низкая	Св. I00	До I	До 0,05
Средняя	20-I00	I-2	0,05-0,20
Высокая	До 20	Св. 2	Св. 0,20

3.9. Коррозионная активность грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабеля дана в табл.3.2.

Таблица 3.2

Коррозионная активность грунтов по отношению к свинцовой оболочке кабеля

pH	Содержание компонента,% массы воздушно-сухой пробы		Коррозионная активность
	Органические вещества (гумус)	Нитрат-ион	
6,5-7,5	До 0,0I0	До 0,000I	Низкая
5,0-6,49 7,6-9,0	0,0I0-0,020	0,000I-0,00I0	Средняя
До 5,0 Св.9,0	Св.0,020	Св.0,00I0	Высокая

3.I0. Коррозионная активность грунтовых и других вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля дана в табл.3.3.

Таблица 3.3

Коррозионная активность грунтовых вод по отношению к свинцовой оболочке кабеля

pH	Общая жесткость, мг-экв/л	Содержание компонента, мг/л		Коррозионная активность
		Органические вещества (гумус)	Нитрат-ион	
6,5-7,5	Св.5,3	До 20	До I0	Низкая
5,0-6,49 7,5I-9,0	5,3-3,0	20-40	I0-20	Средняя
До 5,0 Св.9,0	До 3,0	Св.40	Св.20	Высокая

3.II. Коррозионная активность грунтов по отношению к алюминиевой оболочке кабеля дана в табл. 3.4.

Таблица 3.1

Коррозионная активность грунтов по отношению к алюминиевой оболочке кабеля

pH	Содержание компонента,% массы воздушно-сухой пробы		Коррозионная активность
	Хлор-ион	Ион железа	
6,0-7,5	До 0,00I	До 0,002	Низкая
4,5-5,99 7,5I-8,5	0,00I-0,005	0,002-0,0I0	Средняя
До 4,5 Св.8,5	Св.0,005	Св.0,0I0	Высокая

3.I2. Коррозионная активность грунтовых и других вод по отношению к алюминиевой оболочке кабеля дана в табл.3.5.

Таблица 3.5

Коррозионная активность грунтовых вод по отношению к алюминиевой оболочке кабеля

pH	Содержание компонента, мг/л		Коррозионная активность
	Хлор-ион	Ион железа	
6,0-7,5	До 5,0	До I,0	Низкая
4,5-5,99 7,5I-8,5	5,0-50	I,0-I0	Средняя
До 4,5 Св.8,5	Св.50	Св.I0	Высокая

3.I3. Наличие на подземном энергетическом сооружении анодных и знакопеременных зон является в коррозионном отношении опасным независимо от разности потенциалов "подземное сооружение-земля" и коррозионной активности грунта.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ КОРРОЗИИ

4.I. Основными параметрами протяженного подземного сооружения являются продольное,переходное, входное сопротивления и сопротивление изоляционного покрытия.

4.2. Продольное сопротивление трубопровода (кабеля) $R_т$(Ом/м) определяется по формуле

$$R_т = \frac{\rho_м}{\pi (D_т - \delta_т)\delta_т}, \qquad (4.I)$$

где $\rho_м$ - удельное объемное электрическое сопротивление материала подземного сооружения, Ом·мм^2/м;

$D_т$ - диаметр подземного сооружения, мм;

$\delta_т$ - толщина стенки подземного сооружения, мм.

4.3. Удельное продольное сопротивление двух стальных лент брони $R_{бр}$ (Ом/м) электрического кабеля определяется по формуле

$$R_{бр} = \frac{49\,\pi\, D_{бр}\cdot 10^{-3}}{a^2 b}, \qquad (4.2)$$

где $D_{бр}$ - средний диаметр кабеля по броне, мм;

a - ширина брони, мм;

b - толщина ленты брони, мм.

4.4. Продольное сопротивление $R^к_{бр}$ (Ом) I м брони кабеля из круглой стальной проволоки определяется по формуле

$$R^к_{бр} = \rho_м \frac{4\ell}{\pi d^2 n}, \qquad (4.3)$$

где ℓ - длина одной проволоки, снятой с одного метра кабеля,м;

d - диаметр проволоки, мм;

n - число проволок в броне.

4.5. Продольное сопротивление $R^п_{бр}$ (Ом) брони кабеля из плоских проволок определяется по формуле

$$R^п_{бр} = \rho_м \frac{\ell}{a\, b\, n}, \qquad (4.4)$$

где ℓ - длина одной проволоки, снятой с одного метра кабеля, м;

a - ширина проволоки, мм;

b - толщина проволоки, мм;

n - число проволок в броне.

4.6. Продольное сопротивление $R_к$ (Ом) металлической оболочки и брони кабеля определяется по формуле

$$R_к = \frac{R_{бр} R_{об}}{R_{об} + R_{бр}}, \qquad (4.5)$$

где $R_{бр}$ - продольное сопротивление брони кабеля, Ом/м;

$R_{об}$ - продольное сопротивление оболочки кабеля, Ом/м.

4.7. Удельное сопротивление металлов дано в табл.4.I.

Таблица 4.I

Удельное сопротивление металла

Наименование подземного сооружения или его элемента	Удельное сопротивление металла $\rho_м$, Ом·мм²/м
Стальные трубопроводы	0,I3-0,I4
Чугунные трубопроводы	0,23-0,25
Свинцовые оболочки кабелей	0,22I
Алюминиевые оболочки кабелей	0,029
Стальные гофрированные оболочки, броня кабелей	0,I38-0,I42

4.8. Переходное сопротивление $R_п$ (Ом) определяется по результатам измерений (рис.4.I) по формуле

$$R_п = \frac{R_т \ell^2}{\ell_n \frac{U_1}{U_2}}, \qquad (4.6)$$

где U_1 и U_2 - смещение потенциала "подземное сооружение-земля" соответственно в точках подземного сооружения x_1, x_2;

ℓ - расстояние между точками x_1, x_2, м.

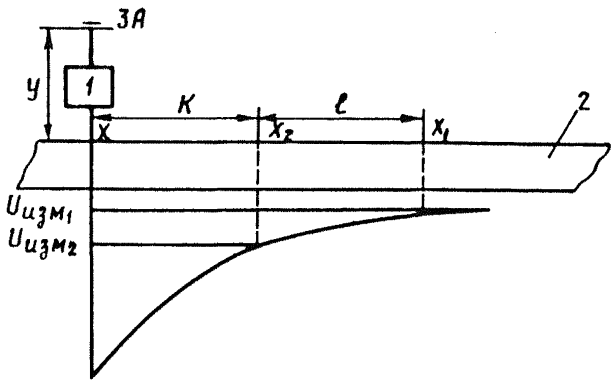


Рис.4.I. Схема определения переходного сопротивления "подземное сооружение - земля":
I - источник тока; 2 - подземное сооружение; ЗА - анодное заземление

Смещение потенциала определяют по формулам:

$$U_1 = U_{изм_1} - U_{\ell_1}; \qquad (4.7)$$

$$U_2 = U_{изм_2} - U_{\ell_2}, \qquad (4.8)$$

где $U_{изм_1}$, $U_{изм_2}$ - разность потенциалов "подземное сооружение-земля" в точке X_1, X_2 при включенном источнике постоянного тока, В;

U_{ℓ_1}, U_{ℓ_2} - стационарный потенциал подземного сооружения по отношению к медносульфатному электроду сравнения в точках X_1, X_2, В.

Измерения производятся с помощью электрода сравнения по схеме, указанной на рис.4.2.

1.9. При измерении переходного сопротивления ($R_п$) необходимо отключить установку катодной защиты; точка X_2 должна находиться на расстоянии $K > 3y$, при этом $\ell < \frac{K}{2}$.

4.I0. При проектировании катодной защиты подземных сооружений, находящихся в эксплуатации, когда определение переходного сопротивления затруднено, сопротивление изоляции $R_п$ может быть принято на основании осмотра трубопровода в шурфах в соответствии с табл.4.2.

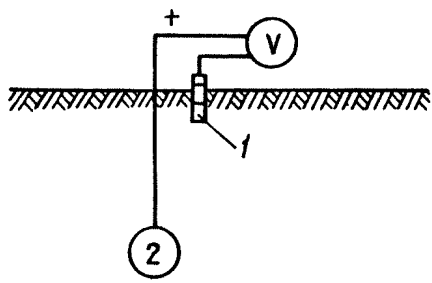


Рис.4.2. Схема измерения потенциала "подземное сооружение - земля" с помощью электрода сравнения :

I - электрод сравнения; 2 - подземное сооружение; V - вольтметр

Таблица 4.2

Значение сопротивления изоляции трубопровода в зависимости от состояния покрытия

Качество изоляции	Повреждения	Примерные пределы электрического сопротивления изоляции, Ом·м^2
Отличное	Отсутствуют	I0000
Хорошее	Самые мелкие в единичном количестве	2500-9000
Удовлетворительное	Мелкие в небольшом количестве	500-2500
Плохое покрытие	Заметные, значительные	50-500
Очень плохое покрытие	Покрытие сильно разрушено	5-50

При проектировании катодной защиты вновь строящихся подземных сооружений значение сопротивления изоляции $R_п$ может быть принято в соответствии с табл.4.3.

4.II. Переходное сопротивление кабеля должно измеряться прибором для измерения сопротивления заземлений (М-4I6, Ф-4I6) по схеме, указанной на рис.4.3,*а*, при значительном удалении токового электрода I_2 на расстояние более 500 м и по схеме рис.4.3,*б* при удалении токового электрода I_2 на расстояние до 500 м, при этом защитные заземления от кабелей должны быть отсоединены.

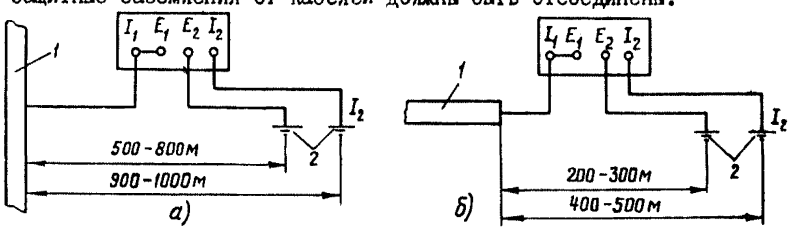


Рис.4.3. Схема измерения переходного сопротивления кабеля:
а - при значительном удалении точки измерения от конца кабеля;
б - при измерении с конца кабеля;
I - кабель; 2 - вспомогательные электроды

Переходное сопротивление кабеля $R_п^к$, измеренное по схеме рис.4.3, *а*, определяется по формуле

$$R_п^к = \frac{4 R_{изм}^2}{R_п},$$

где $R_{изм}$ - сопротивление, измеренное прибором, Ом;

$R_п$ - продольное сопротивление металлической оболочки и брони кабеля, Ом/м.

Переходное сопротивление кабеля $R_п^к$, измеренное по схеме, указанной на рис.4.3,*б*, определяется по формуле

$$R_п^к = \frac{R_{изм}^2}{R_п}.$$

При наличии нескольких подземных сооружений определяется переходное сопротивление каждого подземного сооружения в отдельности.

4.I2. Сопротивление изоляции кабелей с джутовыми покровами не нормируется.

Переходное сопротивление на единицу длины сооружения определяется по формуле

$$R_n' = \frac{R_n}{\pi D_T}, \qquad (4.9)$$

где D_T - диаметр подземного сооружения, м.

Таблица 1.3

Значение сопротивления изоляции R_n' проектируемых подземных сооружений

Наименование подземного сооружения	Электрическое сопротивление изоляции, Ом/м^2
Газопроводы, нефтепроводы с пленочной изоляцией	5000
Газопроводы, нефтепроводы с битумной изоляцией	3000
Трубопроводы магистральных теплосетей бесканальной прокладки	800
Стальные водоводы	I500

4.I3. Входное сопротивление Z (Ом) подземного сооружения определяют по формуле

$$Z = \frac{\sqrt{R_T R_n}}{2}. \qquad (4.I0)$$

4.I4. Удельное сопротивление грунта должно определяться для выявления участка трассы прокладки подземного энергетического сооружения, требующего защиты от коррозии, для расчета катодной защиты и для выбора мест размещения анодных заземлений. На площад-

ках для анодных заземлений измерение удельного сопротивления грунта следует производить методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) на глубину $h \geq 2\ell$, где ℓ - длина электрода для анодного заземления.

4.I5. Удельное сопротивление грунта по трассе подземного энергетического сооружения следует определять с интервалами I00-500 м. На действующих подземных энергетических сооружениях измерения следует производить через каждые I00-200 м вдоль трассы на расстоянии 2-4 м от оси подземного сооружения.

4.I6. Удельное сопротивление грунта следует измерять измерителями сопротивления М-4I6, Ф-4I6, МС-08, ЭП-I в соответствии с инструкциями по использованию этих приборов. В качестве электродов можно применять стальные стержни длиной 250-350 мм, диаметром I0-I5 мм.

4.I7. На рис.4.4 приведена схема измерения удельного сопротивления грунта на глубине закладки подземного сооружения.

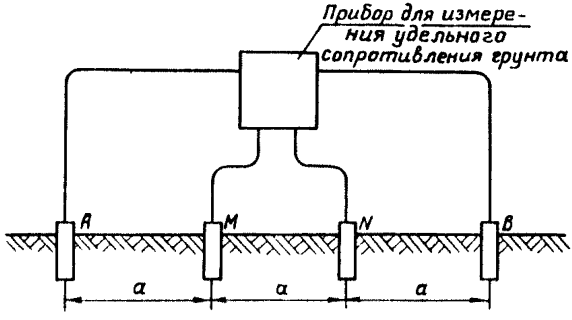


Рис.4.4. Схема измерения удельного сопротивления грунта:
АВ - токовые электроды; MN- измерительные электроды

Измерения рекомендуется производить при двух разносах электродов, учитывая, что разнос электрода АВ принимается $2h \leq AB \leq 4h$, где h - глубина закладки подземного сооружения.

Удельное электрическое сопротивление грунта определяется по

формуле

$$\rho = 2\pi a R, \qquad (4.II)$$

где a - расстояние между соседними электродами, м;

R - сопротивление, измеренное приборами, указанными в п.4.I6, Ом.

4.I8. При оценке коррозионной активности грунтов в данной точке в расчет должно приниматься минимальное из двух значений измеренного удельного сопротивления грунта. Коррозионная активность грунта определяется в соответствии с табл.3.I.

4.I9. Для определения коррозионной активности грунта по потере массы стальных образцов и по поляризационным кривым необходимо произвести отбор и обработку проб испытываемого грунта.

4.20. Пробы грунта следует отбирать в шурфах, скважинах и траншеях, расположенных на глубине закладки подземного энергетического сооружения, с интервалом I00-200 м на расстоянии 0,3-0,5 м от его боковой поверхности. Для пробы берут I,5-2,0 кг грунта, удаляют твердые включения размером более 3 мм. Отобранную пробу необходимо поместить в полиэтиленовый пакет и снабдить паспортом, в котором следует указать наименование объекта, место и глубину отбора пробы, фамилию взявшего пробу.

4.2I. Коррозионную активность грунтов по потере массы образца следует определять на специальной установке, представляющей собой металлическую емкость. К испытуемому образцу (стальной трубке длиной I00 мм, диаметром I5-20 мм, толщиной 3-4 мм) должен присоединяться положительный полюс источника постоянного тока напряжением 6 В, ток между испытуемым образцом и металлической емкостью должен протекать в течение 24 ч.

После удаления продуктов коррозии образец должен быть промыт дистиллированной водой, высушен и взвешен с точностью до 0,I г, коррозионную активность грунта должна быть определена в соответствии с табл.3.I.

4.22. При определении коррозионной активности по отношению к стали по поляризационным кривым необходимо использовать электроды, представляющие собой прямоугольные пластины 25х25 мм с припаянными контактами проводниками, изолированными со стороны контакта. Обратная сторона пластин должна иметь гладкую обезжирен-

ную поверхность.

4.23. Проба грунта должна быть помещена в фарфоровый стакан вместимостью I л, при этом два стальных электрода необходимо установить в стакан с грунтом неизолированными сторонами один к другому. Один из электродов следует подключить к положительному, а другой - к отрицательному полюсу источника постоянного тока.

Разность потенциалов между электродами должна быть измерена в момент разрыва поляризующей цепи при различных плотностях тока.

Плотность поляризующего тока i_K (мА/см^2) определяется по формуле

$$j_K = i_K / 6{,}25 , \qquad (4.I2)$$

где i_K - ток, протекающий между электродами, мА.

На основании полученных данных должна быть построена диаграмма в координатах: разность потенциалов - плотность поляризующего тока.

По диаграмме необходимо определить плотность тока, соответствующую разности потенциалов ΔU = 0,5 В, по которой определяется коррозионная активность грунта в соответствии с табл.3.I.

4.24. Разность потенциалов между подземным сооружением и землей следует измерять с помощью высокоомных индикаторных и самопишущих приборов.

4.25. Положительный вывод измерительного прибора должен присоединяться к подземному сооружению, а отрицательный - к электроду сравнения.

4.26. Измерения необходимо выполнять в контрольно-измерительных пунктах или существующих на подземных сооружениях устройствах.

4.27. Показания вольтметра рекомендуется отмечать через каждые 5-I0 с в течение не менее I0 мин в каждой точке.

4.28. Временные электроды сравнения должны быть установлены на минимальном расстоянии от подземного энергетического сооружения (над осью подземного сооружения).

4.29. В качестве электрода необходимо использовать неполяризующийся медносульфатный электрод.

4.30. Определение pH среды следует производить с помощью pH-метров ППП-58, ПОМ-03МІ, ЛП-58 в соответствии с инструкцией по использованию этих приборов.

4.3I. Определение жесткости воды, концентрации хлор-ионов и ионов железа в грунтах должно проводиться в химических лабораториях по специальной методике.

4.32. Разность потенциалов между подземными сооружениями должна измеряться вольтметром с входным сопротивлением не менее 20 кОм на I В шкалы. При измерениях должны использоваться контрольно-измерительные пункты или специально отрываемые шурфы.

4.33. Измерение перетоков между подземными сооружениями необходимо производить с помощью устройства для измерений перетоков, описание которого дано в приложении I.

4.34. Измерение сопротивления анодных заземлений следует производить приборами М-4I6, Ф-4I6 в соответствии с инструкциями по использованию упомянутых приборов.

4.35. Сопротивление цепи катодной защиты следует определять с помощью амперметра и вольтметра, фиксирующих ток катодной защиты и напряжение на выходе преобразователя.

4.36. Для отыскания мест повреждений изоляции в процессе строительства и эксплуатации подземных энергетических сооружений используются приборы МЕГ-8, М-II0I, МОМ-3, Р-334, КП-50, ПКП-2М.

Для отыскания мест повреждений защитных покровов кабелей следует использовать специальные искатели мест повреждений изоляции ИМПИ-2, ИМПИ-3.

4.37. Работы, связанные с защитой подземных энергетических сооружений от коррозии, должны включать:

- оценку опасности коррозии, вызываемой блуждающими токами, по трассам проектируемых и существующих подземных энергетических сооружений;

- определение характера влияния установок электрохимической защиты на соседние подземные сооружения;

- проверку эффективности мероприятий по снижению утечек тока с рельсового пути электрифицированного на постоянном токе транспорта на землю;

- выполнение опытных катодных защит в целях определения исходных параметров для проектирования установок электрохимической защиты.

4.38. Разность потенциалов между подземным сооружением и рельсами электрифицированного транспорта должна быть измерена

на участках пересечений и сближений с подземными энергетическими сооружениями, при этом следует использовать для обеспечения электрического контакта имеющиеся на сооружениях колодцы, контрольно-измерительные пункты или специально отрываемые шурфы на расстоянии I0-30 м от рельс.

4.39. Разность потенциалов "подземное сооружение - рельс" должна быть измерена одновременно с измерением разности потенциалов "подземное сооружение - земля" на тех участках, где положительные потенциалы сооружения по отношению к земле максимальны, а также на пересечении сооружений с рельсами.

Необходимо, чтобы за период измерений мимо пункта наблюдений прошло не менее чем по два электропоезда (трамвая) в разных направлениях.

4.40. Характер влияния установок катодной защиты на смежные подземные сооружения следует определять с помощью устройства для измерения перетоков между подземными сооружениями.

4.4I. Наличие токов, протекающих в земле по трассе проектируемого подземного энергетического сооружения, рекомендуется определять по результатам измерений разности потенциалов между проложенными в данном районе подземными энергетическими сооружениями и землей.

4.42. При отсутствии подземных сооружений наличие блуждающих токов в земле на трассе проектируемого подземного энергетического сооружения рекомендуется определять с помощью измерения разности потенциалов между двумя точками земли через каждые I000 м по двум взаимноперпендикулярным направлениям при разносе измерительных электродов на I00-200 м. Измерения производятся самопишущими приборами, имеющими нуль посередине шкалы.

Контакт измерительных проводников с землей осуществляется с помощью неполяризующихся медносульфатных электродов.

4.43. Если разность потенциалов изменяется по значению и знаку или только по значению, это указывает на наличие в земле блуждающих токов электрифицированного транспорта. Если разность потенциалов имеет устойчивый характер, это указывает на наличие в земле токов, обусловленных естественным электрическим полем земли или влиянием установок катодной защиты, размещенных в данном районе на существующих подземных сооружениях.

4.44. Проверка эффективности мероприятий по снижению утечек тока с рельсового пути электрифицированного на постоянном токе железнодорожного транспорта должна проводиться путем измерения сопротивления стыков рельс и сопротивления изоляции отрицательных питающих линий, определения наличия изоляции между рельсами и металлическими фермами, исправности искровых промежутков и допустимых норм утечки тока для каждого участка между тяговыми подстанциями.

4.45. Проверка эффективности мероприятий по снижению утечек тока с рельсового пути метрополитена должна проводиться путем измерения потенциала ходовых рельсов относительно земли, сопротивления изоляции изолирующих муфт кабелей и сопротивления изоляции отрицательных питающих линий и междупутных соединений, переходного сопротивления пути, электрического сопротивления сборных стыков и дроссельных стыков рельсов, проверки исправности искровых промежутков.

4.46. На рельсовых путях и в системе электроснабжения трамвая должны проверяться: электрическое сопротивление сборных стыков, междурельсовые и междупутные соединения, исправность обходных соединений, сопротивление контактов в местах присоединения отрицательных питающих линий, разность потенциалов между рельсами и землей, разность потенциалов между пунктами присоединения отрицательных линий одной подстанции к рельсам.

4.47. Опытная катодная защита (совместная защита) должна осуществляться на проложенных в земле энергетических сооружениях с помощью передвижных лабораторий. Для выполнения опытной совместной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии целесообразно использовать преобразователь ОЧАП6/I0.

При выполнении опытных совместных защит подземных энергетических сооружений от коррозии рекомендуется использовать схемы, указанные на рисунках разд.8-I4.

4.48. При выполнении опытных катодных защит временные анодные заземления должны устанавливаться по согласованию с организациями-владельцами подземных сооружений в указанных местах.

4.49. При выполнении опытных катодных (совместных) защит должны производиться измерения потенциала "подземное сооружение - земля" в различных точках подземного сооружения и точке дренажа, измерения токов в цепи катодной защиты, а также должно определяться влияние тока катодной защиты на смежные подземные сооружения.

5. ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

5.1. Защиту подземных энергетических сооружений от коррозии следует осуществлять с помощью изоляционных покрытий в сочетании с катодной поляризацией.

5.2. Защитные покрытия подземных энергетических сооружений (трубопроводов) от коррозии должны удовлетворять следующим требованиям:

- обладать высокими диэлектрическими свойствами;
- быть сплошными;
- иметь адгезию к металлу в соответствии с установленными нормами;
- обладать низкой влагопроницаемостью и малым влагопоглощением;
- обладать высокой химической стойкостью и высокой механической прочностью.

5.3. Для всех подземных трубопроводов должны предусматриваться изоляционные покрытия.

5.4. Изоляционные покрытия должны, как правило, наноситься в стационарных условиях.

5.5. Нанесение защитных покрытий на трассе допускается только для защиты стыковых соединений трубопроводов и арматуры, а также при малых объемах ремонтных работ.

5.6. Конструкция изоляционных покрытий трубопроводов должна соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

5.7. Маслонаполненные кабели высокого давления 220-500 кВ должны иметь изоляционное покрытие усиленного типа.

5.8. Защитные покрытия кабелей должны удовлетворять требованиям соответствующих государственных и отраслевых стандартов и технических условий.

5.9. Защитные покрытия теплосетей должны предусматривать:

- изоляцию внешней поверхности трубопровода от окружающей среды антикоррозионными покрытиями;
- применение гидрофобных теплоизоляционных материалов;
- применение совершенных гидроизоляционных покрытий на поверхности теплоизоляции.

5.10. Качество защитных покрытий трубопроводов должно проверяться дважды: на заводе после нанесения покрытия и на трассе после опрессовки трубопровода и нанесения покрытия на стыки. Контроль покрытий должен осуществляться с соблюдением требований соответствующих инструкций.

5.11. Тип изоляционного покрытия должен определяться при проектировании подземного энергетического сооружения на основании данных изысканий с учетом соответствующих рекомендаций по применению изоляционных покрытий.

5.12. Катодная поляризация электрических кабелей должна осуществляться таким образом, чтобы на всей поверхности этих сооружений минимальные и максимальные защитные потенциалы соответствовали значениям, указанным в табл.5.1.

5.13. Для стальных подземных энергетических сооружений с температурой транспортируемого продукта не выше 20°С (293°К), проложенных в грунтах с удельным сопротивлением более 10 Ом·м или с содержанием водорастворимых солей не более 1 г на 1 кг грунта, минимальный поляризационный защитный потенциал должен быть -0,85 В (с омической составляющей -0,90 В), максимальный допустимый поляризационный потенциал - -1,10 В (с омической составляющей -1,20 В) относительно медносульфатного электрода сравнения.

Таблица 5.1

Максимальные и минимальные защитные потенциалы электрических кабелей с учетом поляризационной и омической составляющих

Тип кабеля	Защитные потенциалы, В	
	минимальные	максимальные
Бронированные со свинцовой оболочкой	-0,87	-1,10(для кислой среды) -1,30(для щелочной среды)
Бронированные с алюминиевой оболочкой	-0,87	-1,38

5.14. При прокладке стальных подземных энергетических сооружений (теплосети) в условиях возможной микробиологической коррозии при наличии блуждающих токов промышленной частоты на участках этих сооружений с температурой воды ниже 60°С (333°К), в грун-

тах с удельным сопротивлением менее 10 Ом.м или содержанием водорастворимых солей более 1 г на 1 кг грунта минимальный защитный потенциал с омической составляющей должен быть -1,0 В, поляризационный потенциал - -0,95 В, максимальный защитный потенциал с омической составляющей -1,50 В, поляризационный потенциал - -1,15 В относительно медносульфатного электрода сравнения.

На участках теплосети с температурой воды выше 60°С (333°К) минимальный защитный потенциал должен быть -1,10 В, поляризационный - -1,00 В, максимальный защитный потенциал с омической составляющей -1,50 В, поляризационный - 1,15 В относительно медносульфатного электрода сравнения.

Для подземных сооружений, находящихся в эксплуатации более 5 лет, независимо от типа изоляции (кроме кабелей со свинцовой и алюминиевой оболочкой) максимальный защитный потенциал с омической составляющей не должен превышать -2,5 В, поляризационный -1,15В относительно медносульфатного электрода сравнения.

Для заземляющих устройств достаточно смещение потенциала в сторону более отрицательных значений на 300 мВ по отношению к стационарному потенциалу стали (с омической составляющей).

6. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ОДНОНИТОЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

6.1. Катодную защиту металла от коррозии следует осуществлять поляризацией от внешнего источника тока или путем соединения защищаемого от коррозии металла с протектором, имеющим более отрицательный потенциал, чем у защищаемого металла.

6.2. Метод катодной защиты металла от коррозии основан на уменьшении скорости растворения металла по мере смещения его потенциала в область значений, меньших его стационарного потенциала.

6.3. Катодная поляризация подземного сооружения выполняется путем включения источника постоянного тока отрицательным полюсом к подземному сооружению, а положительным - к анодному заземлению.

6.4. Катодная поляризация должна осуществляться с помощью преобразователей или протекторов (рис.6.1).

Защитный потенциал на подземном сооружении должен поддерживаться с помощью изменения значения защитного тока, протекающего по цепи "преобразователь-подземное сооружение-анодное заземление-преобразователь". Значение защитного тока зависит от результата

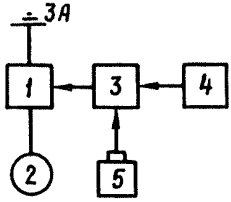


Рис.6.I.Схема катодной защиты:
I - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

сравнения сигналов, поступающих на вход блока управления 3 от блока уставки 4 и электрода сравнения 5. Выходной сигнал блока управления 3 воздействует на управляемый источник тока I.

В качестве электродов сравнения могут быть использованы медносульфатные электроды; для управления преобразователем - цинковые и хлорсеребряные электроды сравнения, однако при этом защитный потенциал должен устанавливаться по медносульфатному электроду сравнения.

6.5. При катодной защите в земле происходит распределение потенциалов между анодным заземлением и подземным сооружением, причем градиенты потенциала значительно выше у анодного заземления, что следует учитывать при обслуживании (шаговое напряжение, напряжение прикосновения).

Катодная защита должна осуществляться на подземных сооружениях в зависимости от значений потенциалов в соответствии с указаниями пп.9.8; I0.I; II.I; I2,I; I4.I.

6.6. Основными параметрами катодной защиты являются:

- ток;

- значение защитного потенциала в точке дренажа;

- отсутствие влияния токов катодной защиты данной установки, протекающих в земле, на смежные подземные сооружения;

- длина защитной зоны.

Защитный потенциал "подземное сооружение-земля" представляет собой сумму стационарного потенциала U_e и наложенного потенциала от внешнего источника тока $U_н$

$$U_{п-з} = U_e + U_н . \qquad (6.I)$$

6.7. Однониточные подземные энергетические сооружения должны обеспечиваться индивидуальной катодной защитой, если они расположены от других подземных сооружений или анодных заземлений

других установок катодной защиты на расстояниях

$$L = 14{,}0 \cdot \ell n \frac{\rho I}{\rho_0 I_0}, \qquad (6.2)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;
I – ток катодной защиты, А;
ρ_0 = Ом·м, I_0 = I А.

Формула (6.2) справедлива, если $\frac{\rho I}{\rho_0 I_0} \geq 18$. При $\frac{\rho I}{\rho_0 I_0} < 18$ расстояние между анодным заземлением и подземным сооружением, не включенным в данную схему катодной защиты, должно быть не менее 40 м.

6.8. Расчет защитных плотностей тока на поверхности однониточных подземных сооружений и параметров катодной защиты следует производить по методике, описанной в разд.9.

6.9. Для катодной защиты однониточных подземных сооружений рекомендуется применять преобразователи ПАСК-М, при этом необходимо учитывать следующее:

- при подаче на преобразователь напряжения переменного тока возможны его отключения из-за срабатывания автоматического выключателя или перегорания предохранителя под действием больших бросков намагничивающего тока, а также под действием тока, возникающего при открытии вентилей преобразователя с углом управления, близким к минимальному значению;

- при увеличении значения тока преобразователя до значений, превышающих его номинальное, возникает прерывистый режим работы преобразователя, при котором ток последнего изменяется от максимального значения до нуля. Такой режим может быть длительное время.

Для катодной защиты однониточных подземных сооружений могут быть также использованы преобразователи АРТЗ и АРПЗ с блоками автоматики, разработанными НИИПТ.

6.10. Технические характеристики преобразователей ПАСК-М даны в табл.6.1.

6.11. Расчет анодных заземлений следует производить в соответствии с указаниями разд.15.

Таблица 6.I

Технические характеристики преобразователей ПАСК-М

Тип преобразователя	Номинальная мощность, кВт	Номинальное напряжение, В	Номинальный выпрямленный ток, А
ПАСК-М-0,6-48/24 УI	0,6	48/24	I2,5/25
ПАСК-М-I,2-48/24 УI	I,2	48/24	25/50
ПАСК-М-2,0-98/48 УI	2,0	96/48	2I/42
ПАСК-М-3,0-96/48 УI	3,0	96/48	3I/62
ПАСК-М-5,0-96/48 УI	5,0	96/48	52/I04

6.I2. Под совместной защитой от коррозии подземных энергетических сооружений понимается такой способ катодной защиты, при котором одновременно обеспечивается требуемая катодная поляризация подземных сооружений, расположенных в зоне действия данной установки.

Совместная защита от коррозии подземных энергетических сооружений с другими подземными сооружениями должна выполняться таким образом, чтобы исключить вредное воздействие токов катодной защиты на смежные подземные сооружения.

Вредным воздействием катодной защиты на подземные сооружения является:

- уменьшение минимальных или увеличение максимальных защитных потенциалов, приведенных в табл.5.I; пп.5.I3; 5.I4, под воздействием тока катодной защиты, протекающего в смежных подземных сооружениях;

- наличие разности потенциалов между подземными сооружениями более 0,I В.

6.I3. Совместная защита подземных сооружений различного назначения является обязательной в следующих случаях:

- при пересечении подземных сооружений различного назначения;

- при наличии подземных сооружений, расположенных между анодным заземлением и подземным сооружением, защищенным от коррозии;

- при защите подземных сооружений электростанций, подстанций и промышленных площадок от коррозии;

- при параллельной прокладке подземных сооружений различного

назначения.

6.I4. Подземные сооружения, не имеющие технологических или электрических связей между собой, считаются гальванически развязанными.

6.I5. Защита от коррозии отдельных металлоемких подземных сооружений в грунтах с удельным сопротивлением менее 20 Ом.м должна осуществляться с помощью протекторов (рис.6.2).

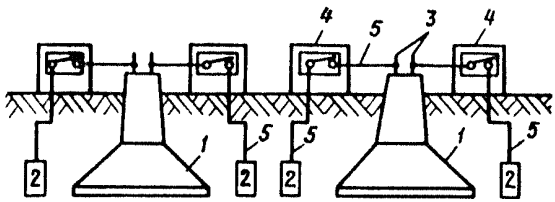


Рис.6.2. Схема протекторной защиты арматуры фундамента опоры ВЛ:

I - фундамент опоры; 2 - протектор; 3 - арматура; 4 - контрольно-измерительная колонка; 5 - соединительные провода

7. ОБЩИЙ ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

7.I. Типовые проекты должны разрабатываться в соответствии с [I8] и нормативными документами Госстроя СССР, устанавливающими порядок разработки, согласования и применения типовых проектов, а также порядок пересмотра и отмены устаревших типовых проектов.

7.2. Инженерные изыскания на всех стадиях проектирования должны проводиться в соответствии с нормативными документами, утвержденными Госстроем СССР.

7.3. При разработке проектно-сметной документации необходимо руководствоваться:

- нормативными документами по проектированию и строительству, утвержденными Госстроем СССР, министерствами и ведомствами СССР, органами государственного надзора и общественными организациями по согласованию с Госстроем СССР;

- государственными стандартами;

- документами по основным направлениям проектирования объектов;

- нормами технологического проектирования;

- общесоюзным Каталогом Госстроя СССР по защите от коррозии;

- каталогами на все виды оборудования.

7.4. Не допускается строительство катодной защиты подземных энергетических сооружений по устаревшим проектам.

7.5. Если в проектных решениях используются изобретения, в пояснительной записке к соответствующему разделу проекта необходимо указывать номера авторских свидетельств и заявок на используемые изобретения.

7.6. Разработка проектов катодной защиты должна производиться на основании задания на проектирование подземных энергетических сооружений в соответствии с приложением 2 [18]. Каждый проект строительства подземных энергетических сооружений должен иметь раздел о защите от коррозии.

7.7. Разработка проекта катодной защиты подземных энергетических сооружений должна производиться, как правило, при наличии данных о других подземных сооружениях в данном районе.

7.8. Защита подземных энергетических сооружений, размещенных в данном районе, должна быть совместной.

7.9. Проект предназначен для разработки и оценки схем катодной защиты и определения стоимости строительства.

7.10. Исходными данными для составления технического проекта должны быть:

- техническое задание, составленное в соответствии с требованиями [18];

- совмещенный генплан существующих и проектируемых подземных сооружений в пределах данного района;

- ситуационный план обследуемого района с указанием границ обследования;

- характеристики коррозионных свойств грунтов;

- технические характеристики существующих и проектируемых подземных сооружений, данные об их коррозионном состоянии и повреждениях;

- сведения о наличии установок катодной защиты на соседних сооружениях и режимах их работы, данные о наличии блуждающих токов, протекающих в земле.

7.II. Проект катодной защиты должен содержать:

- общую пояснительную записку;

- схемы подземных сооружений, на которых отмечены мероприятия по защите существующих и проектируемых подземных сооружений;

- отчет о результатах коррозионных исследований;

- расчетные значения сопротивления анодных заземлений;

- смету на проектно-изыскательские работы и исследования поведения защиты при опытных включениях защитных установок;

- смету на строительно-монтажные работы;

- заказные спецификации и заявочные ведомости на оборудование, кабельную продукцию и материалы, включая устройства контрольно-измерительных пунктов;

- согласование проведения мероприятий по защите от коррозии с организациями, эксплуатирующими подземные сооружения, и владельцами территорий.

7.I2. Рабочий проект защиты от коррозии, как правило, должен разрабатываться одновременно с проектом строительства подземных сооружений.

7.I3. Исходными данными для разработки рабочего проекта должны быть материалы, указанные в п.7.I0, а также уточненный план трассы проектируемого и существующего подземного сооружения, согласованный с соответствующими организациями.

7.I4. Рабочий проект должен содержать:

- общую пояснительную записку с описанием трассы подземного сооружения (площадки, где оно размещено) и обоснованием выбора типа защит и мест их размещения;

- совмещенный план (масштаб I:500) проектируемого подземного сооружения с привязками средств защиты от коррозии;

- установочные чертежи оборудования защиты, рабочие чертежи всех узлов и элементов защиты и электрическую схему узлов защиты;

- сметную документацию;

- характеристику коррозионно-опасных зон;

- протяженность защищаемых коммуникаций;

- схему опорных точек для выполнения пусконаладочных работ;

- согласование мест подключения защиты к электросети;

- согласование проведения мероприятий по защите от коррозии с организациями, эксплуатирующими подземные сооружения, и владельцами территорий;

- ведомость объема строительно-монтажных работ;
- заказные спецификации на оборудование, приборы, кабельную продукцию и другие изделия.

7.I5. Если отдельные виды оборудования сняты с производства или к началу строительства изменились инструкции, нормы и правила, проектная организация по заказу заказчика должна произвести корректировку и внести необходимые изменения в рабочий проект.

7.I6. В состав рабочей документации на строительство катодной защиты должны входить:
- рабочие чертежи, разработанные в соответствии с требованиями государственных стандартов;
- сметы, составленные в соответствии с требованиями [I8] и методическими указаниями по определению стоимости строительства;
- ведомости объема строительных и монтажных работ, составленные по установленной форме;
- ведомости и сводные ведомости потребностей материалов, составленные в порядке, установленном Госстроем СССР;
- спецификации на оборудование, составленные в соответствии с государственными стандартами.

7.I7. Для определения сметной стоимости катодной защиты должна составляться следующая документация:

а) в составе технического проекта:
- сводный сметный расчет;
- сводка затрат;
- сметы на проектные и изыскательские работы;

б) в составе рабочего проекта:
- сводный сметный расчет;
- сводка затрат;
- сметы на проектные и изыскательские работы;
- ведомости сметной стоимости товарной строительной про-

дукции

8. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ

8.I. На территориях электростанций, на площадках где размещены подземные энергетические сооружения, должна осуществляться совместная защита этих сооружений от коррозии. Катодная поляризация подземных сооружений осуществляется в соответствии с указаниями пп.9.8;I0.I;II.I;I2.I и I4.I.

8.2. Совместную защиту от коррозии возможно осуществлять с помощью многоканальных преобразователей катодной защиты ОЧАП6/I0 (приложение 3) при соответствующем выборе точек дренажа и размещений анодных заземлений. Заземляющие устройства защищаются от коррозии в соответствии с указаниями разд.9.

8.3. Точки дренажа следует выбирать на подземных энергетических сооружениях, имеющих меньшее входное сопротивление по отношению к другим размещенным в данном районе. При использовании преобразователей ОЧАП6/I0 число точек дренажа должно быть не менее двух, расстояние между точками дренажа выбирается на основании анализа размещения подземных сооружений.

8.4. Число анодных заземлений может быть равно числу каналов многоканального преобразователя ОЧАП6/I0, но не менее числа подземных сооружений.

8.5. Могут применяться анодные заземления с вертикальным и горизонтальным размещением электродов в грунте.

Глубинные анодные заземления могут использоваться в тех местах, где территория не позволяет соорудить анодные заземления с закладкой электродов в верхних слоях грунта.

8.6. Защитная плотность тока (А/м^2) на поверхности подземных сооружений, размещенных на территории электростанции, определяется по формулам:

Для магистральных теплосетей $j = (10 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0)\cdot 10^{-3}$ (8.1)

Для водоводов $j = (30 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0)\cdot 10^{-3}$ (8.2)

Для кабелей 6-I0 кВ $j = (20 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0)\cdot 10^{-3}$ (8.3)

Для кабелей 35 кВ $j = (20 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0)\cdot 1{,}2\cdot 10^{-3}$ (8.4)

Для кабелей II0-220 кВ $j = (20 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0)\cdot 1{,}4\cdot 10^{-3}$ (8.5)

Для маслонаполненных кабелей высокого давления $j = (28 - 3{,}75\ \ell n\, \rho/\rho_0)\cdot 10^{-3}$. (8.6)

Для газопроводов $j = (26 - 3{,}75\ \ell n\, \rho/\rho_0)\cdot 10^{-3}$, (8,7)

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м, ρ_0 = I Ом·м.

Ток катодной защиты определяется по формуле

$$I = 2\pi \sum_{i=1}^{n} r_i\, \ell_i\, j_i\,, \qquad (8.8)$$

где r_i - радиус подземного сооружения, м;

ℓ_i - длина подземного сооружения, м;

j_i - защитная плотность тока подземного сооружения, мА/м.

8.7. На рис.8.I показана схема соединения цепей катодной защиты с преобразователем ОЧАП6/I0, состоящим из управляемых источников тока I, отрицательные выходы которых соединены с подземными энергетическими сооружениями 2, а положительные выходы - с

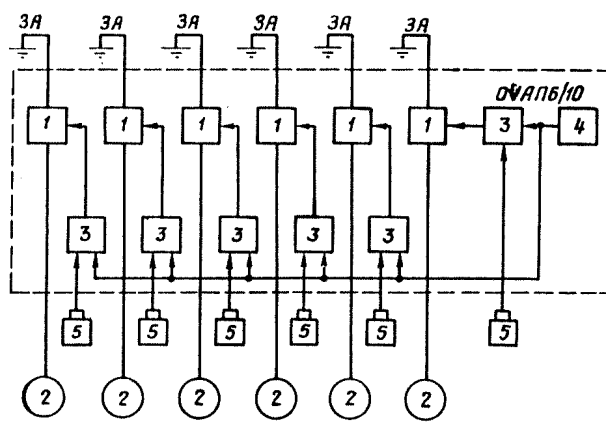


Рис.8.I. Схема соединения преобразователя ОЧАП6/I0 с подземными энергетическими сооружениями:

I - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

анодными заземлениями ЗА. На первые входы блоков управления 3 каналами преобразователя подаются сигналы от электродов сравнения 5, на вторые входы - сигналы от блока уставки 4.

Эта схема обеспечивает поддержание заданного защитного потенциала в заданных точках на подземных энергетических сооружениях. При данной схеме анодное заземление размещается на территории электростанции или вблизи ее.

При воздействии блуждающих токов на подземные энергетические сооружения преобразователи ОЧАП6/10 должны включаться по схеме регулирования защитного потенциала.

8.8. На рис.8.2 показан другой вариант схемы соединения цепей катодной защиты с преобразователем ОЧАП6/10, состоящим из управляемых источников тока I, отрицательные выходы которых соединены с подземными энергетическими сооружениями 2, а положительные выходы - с анодными заземлениями ЗА. В данной схеме блоки управления 3 работают как нуль-органы, выравнивая потенциалы между подземными сооружениями.

Эта схема обеспечивает поддержание заданного значения защитного потенциала с помощью электрода сравнения 5 и поддержания нулевого потенциала между подземными сооружениями для исключения перетоков между ними.

Возможна комбинация схем рис.8.I, 8.2.

8.9. При совместной защите подземных энергетических сооружений электростанций должны быть выполнены:

- полная гальваническая развязка между силовыми цепями катодной защиты подземных энергетических сооружений и подземными газопроводами, нефтепроводами (см.рис.8.2);

- общая система управления всеми силовыми цепями катодной защиты (см.рис.8.I, 8.2).

8.I0. Все подземные сооружения на территории электростанций должны иметь потенциал не ниже минимального допустимого защитного потенциала, указанного в табл.5.I и пп.5.I3, 5.I4.

8.II. Изолирующие фланцы следует устанавливать на наземной части газопроводов при выходе из грунта.

8.I2. Конструкцию и расположение изолирующих фланцев следует принимать в соответствии с типовыми решениями.

8.I3. На фланцах трубопроводов теплосети должны быть установлены электрические перемычки.

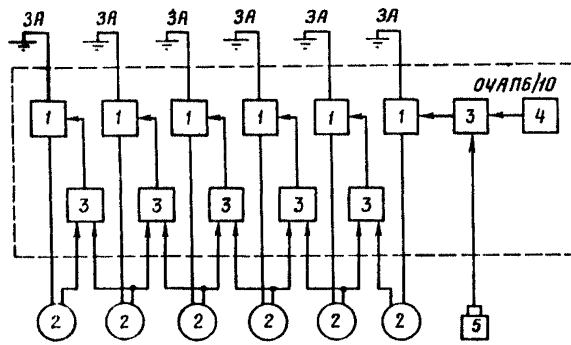


Рис.8.2. Схема соединения преобразователя ОЧАП6/10 с подземными энергетическими сооружениями при работе блоков управления в режиме нуль-органов:

1 - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

8.14. Конструкцию контрольно-измерительных пунктов, предназначенных для установки на территории электростанций, следует применять по действующим типовым чертежам, утвержденным в установленном порядке.

8.15. Для снижения до минимума перетоков между подземными сооружениями рекомендуется использовать преобразователь ОЧАП6/10 путем подключения отдельных каналов к каждому подземному сооружению, при этом преобразователь должен работать в режиме поддержания разности потенциалов между подземными сооружениями, близкой к нулю.

8.16. Преобразователь ОЧАП6/10 рекомендуется использовать для выравнивания потенциалов между подземными сооружениями при их сближении или пересечении, если разность потенциалов между этими сооружениями превышает 0,1 В (по абсолютному значению).

9. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПОДСТАНЦИЙ 35-750 кВ ОТ КОРРОЗИИ

9.I. На территориях подстанций, где размещены подземные сооружения, должна осуществляться совместная защита подземных сооружений различного назначения в соответствии с указаниями, изложенными в разд.8-I4.

9.2. На подстанциях, где не требуется катодная защита, а отходящие от подстанции подземные сооружения требуют защиты от коррозии по условиям трассы, заземление этих сооружений следует производить через разделительное устройство для катодной защиты (приложение 4).

На рис.9.I показано подземное сооружение 2, присоединенное к заземляющему устройству 3 через разделительное устройство катодной защиты.

9.3. Разделительное устройство катодной защиты позволяет соединять подземное сооружение (кабель) с заземляющим устройством металлической перемычкой в виде шунта, сопротивление которого не превышает сотой доли Ома, устранять ответвление защитного тока в заземляющее устройство и обеспечивает электробезопасность.

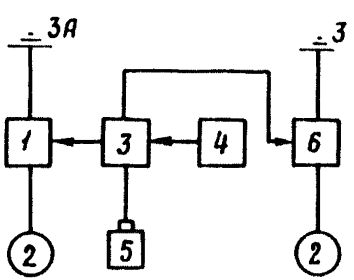


Рис.9.I. Схема соединения отходящего от подстанции подземного сооружения через разделительное устройство катодной защиты:

I - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; 6 - разделительное устройство катодной защиты; 3 - заземляющее устройство; 3А - анодное заземление

9.4. Линейная защитная плотность тока α (А/м) вдоль шин заземляющего устройства, проложенных в земле, определяется по формуле:

$$j = a\, e^{-\beta\sqrt{S_ш}}\,, \qquad (9.1)$$

$$a = (1 - 0{,}05 \cdot \ell n\, \rho/\rho_0) \quad А/м^2, \qquad (9.2)$$

$$\beta = 5 \cdot 10^{-4}\, U/U_0\,, \qquad (9.3)$$

где $S_ш$ – средняя площадь сечения шин заземляющего устройства, проложенных в земле, $м^2$;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м; ρ_0 = I Ом·м;

U – класс напряжения подстанции, кВ, U_0 = I кВ.

Если высоковольтная подстанция имеет систему оборудования нескольких классов напряжений, то

$$\beta = \frac{S^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{\sqrt{\beta_i}}\right)^2}\,, \qquad (9.4)$$

где S – площадь подстанции, $м^2$;

S_i – площадь распредустройства подстанции данного класса напряжения, $м^2$;

β_i – коэффициент.

Класс напряжения подстанций	Коэффициент
35/I0/6	0,0I75
II0	0,055
220	0,II
330	0,I65
500	0,25
750	0,375

Ток катодной защиты I (А), определяется по формуле

$$I = j\sqrt{S}\cdot 10^{2}. \qquad (9.5)$$

9.5. На рис.9.2 приведена схема соединения цепей катодной защиты с преобразователем ОЧАП6/I0, состоящим из управляемых источников тока I, отрицательные выходы которых соединены с подземными энергетическими сооружениями 2, а положительные - с анодными заземлениями ЗА.

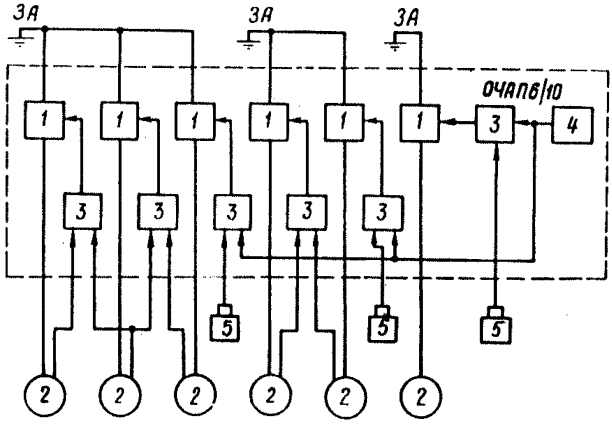


Рис.9.2. Схема соединения преобразователя ОЧАП6/I0 с подземными энергетическими сооружениями и групповыми анодными заземлениями:

I - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

При защите подземных сооружений подстанций рекомендуется использовать схемы рис.8.I, 8.2, а также комбинации схем 8.I, 8.2, 9.2.

Сечение дренажных кабелей выбирается таким, чтобы падение напряжения при номинальном токе не превышало 2 В.

9.6. Совместная защита подземных сооружений подстанции выполняется в соответствии с п.6.I2.

9.7. Сечение контрольных проводников от подземных сооружений

и электродов сравнения должно выбираться из условия механической прочности и должно быть не менее 6 мм^2.

9.8. Защиту от коррозии заземляющих устройств следует производить в грунтах с удельным сопротивлением менее 20 Ом·м. Кривая зависимости средней скорости коррозии не защищенной изоляционным покрытием стали от удельного сопротивления грунта показана на рис.9.3.

9:9. При защите от коррозии заземляющих устройств необходимо использовать систему распределенных анодов и выбирать не менее двух точек дренажа, расположенных в местах соединения нескольких заземляющих шин между собой.

9.10. На рис.9.4 показан вариант размещения анодных заземлений и точек дренажа при защите от коррозии защитных заземлений.

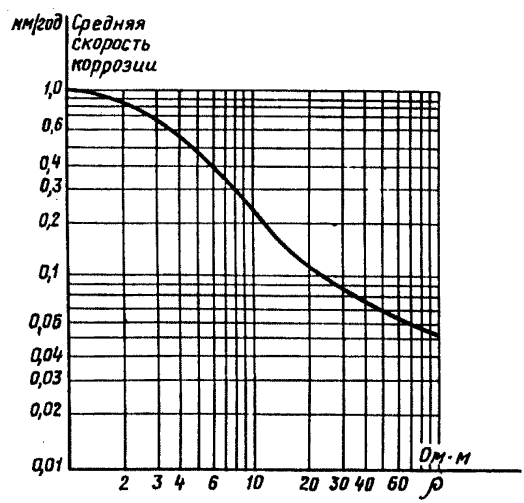


Рис.9.3. Кривая зависимости средней скорости коррозии не защищенной изоляционным покрытиями стали от удельного сопротивления грунта

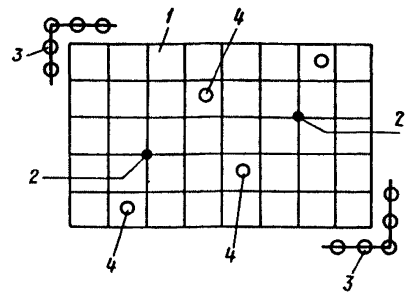


Рис.9.4. Вариант размещения анодных заземлений и точек дренажа на территории подстанции при защите от коррозии заземляющего устройства:

I - заземляющее устройство; 2 - точка дренажа; 3 - поверхностное анодное заземление; 4 - глубинное анодное заземление

9.II. Расчет токов катодной защиты других подземных сооружений, размещенных на подстанции, следует производить по методике, указанной в п.8.6.

9.I2. Сопротивление R (Ом) цепи катодной защиты должно удовлетворять неравенству

$$R \leq \frac{0{,}75\, U_{вых}}{I}, \qquad (9.6)$$

где $U_{вых}$ - напряжение на выходе преобразователя, В;

I - ток катодной защиты, А.

9.I3. Сопротивление R (Ом) анодного заземления должно удовлетворять неравенству

$$R \leq \frac{0{,}65\, U_{вых}}{I}. \qquad (9.7)$$

IO. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА КАБЕЛЕЙ 6-35 кВ ОТ КОРРОЗИИ

IO.I. Кабели 6-35 кВ, прокладываемые в грунтах с удельным сопротивлением менее 20 Ом·м, а также кабели, имеющие устойчивый положительный или знакопеременный потенциал, должны быть обеспечены катодной защитой.

IO.2. Мероприятия по защите от коррозии кабелей должны разрабатываться на стадии проектирования. Необходимость защиты от коррозии определяется на основании анализа данных о коррозионной активности грунтов, наличии блуждающих токов и данных о случаях повреждения кабелей.

IO.3. Измерения должны производиться в доступных местах без вскрытия траншей, в контрольно-измерительных пунктах, во временных шурфах в коррозионно-опасных зонах и через I00-300 м по исследуемой трассе кабельной линии.

IO.4. Защита кабельных линий от коррозии на стадии их проектирования, сооружения и эксплуатации должна осуществляться путем:

- рационального выбора трассы прокладки и типа кабеля;
- соблюдения норм, правил прокладки и монтажа кабельных линий;
- контроля за состоянием изоляции защитных покровов кабелей;
- выполнения катодной защиты участков кабелей, проложенных в коррозионно-активных зонах.

IO.5. В табл.IO.I приведены типы кабелей, которые следует использовать при прокладке в грунтах с различной коррозионной активностью.

IO.6. При расчете катодной защиты кабелей 6-35 кВ необходимо определить защитный ток и напряжение преобразователя.

Напряжение на выходе преобразователя определяется по формуле

$$U = I\,R_{общ}\,, \qquad (IO.1)$$

$$R_{общ} = R_A + R_K + Z\,, \qquad (IO.2)$$

Таблица 10.1

Типы кабелей, рекомендуемые для прокладки в земле (траншеях)

Условия прокладки	Наличие блуждающих токов	Кабели с бумажной пропитанной изоляцией в металлической оболочке	
		В процессе эксплуатации не подвергаются растягивающим усилиям	В процессе эксплуатации подвергаются растягивающим усилиям
В земле (траншеях) с низкой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШ$_{в}$, АСБ$_{в}$, ААШ$_{п}$, ААБ$_{л}$,	ААП$_{л}$, ПСП$_{л}$
	С блуждающими токами	ААШ$_{в}$, АСБ$_{в}$, ААШ$_{п}$, ААБ2$_{л}$,	ААП2$_{л}$, АСП$_{л}$
В земле (траншеях) со средней коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШ$_{в}$, ААШ$_{п}$, ААБ$_{л}$, ААБ2$_{л}$, АСБ$_{п}$, АСБ$_{л}$	ААП$_{л}$, АСП$_{л}$
	С блуждающими токами	ААШ$_{п}$, ААБ2$_{л}$, ААБ$_{в}$, АСБ$_{л}$, АСБ2$_{л}$	ААП2$_{л}$, АСП$_{л}$
В земле (траншеях) с высокой коррозионной активностью	Без блуждающих токов	ААШ$_{п}$, ААБ2$_{л}$, ААБ2$_{л}$Ш$_{в}$, ААП2$_{л}$Ш$_{в}$, АСП2$_{л}$, ААБ$_{в}$, АСБ$_{л}$, АСБ2$_{л}$	ААП2$_{л}$Ш$_{в}$, АСП2$_{л}$
	С блуждающими токами	ААШ$_{п}$, ААБ$_{в}$, АСП2$_{л}$, АСБ2$_{л}$Ш$_{в}$	ААП2$_{л}$Ш$_{в}$, АСП2$_{л}$

где I – ток катодной защиты, А;

R_A – сопротивление анодного заземления, Ом;

R_K – сопротивление соединительных кабелей (выбирается таким, чтобы падение напряжения на них не превышало 2 В), Ом;

Z – входное сопротивление кабеля, Ом (определяется по п.4.13).

10.7. Защитная плотность тока j (А/м^2) на поверхности оболочки кабеля 6-10 кВ определяется по формуле

$$j = (20 - 3{,}75\, \ell n\, \rho/\rho_0) \cdot 10^{-3}. \qquad (10.3)$$

Для кабеля 35 кВ

$$j = (20 - 3{,}75\, \ell n\, \rho/\rho_0)\, 1{,}2 \cdot 10^{-3}. \qquad (10.4)$$

Ток катодной защиты I (А) определяется по формуле

$$I = 2\pi r \ell j, \qquad (10.5)$$

где r - радиус кабеля, м;

ℓ - длина участка кабеля, м.

10.8. Катодная защита кабелей должна осуществляться с помощью преобразователей ОЧАП6/10 и разделительных устройств катодной защиты. Описание разделительного устройства дано в приложении 4.

Разделительные устройства должны устанавливаться на входах и выходах кабелей электростанций, подстанций и других сооружений.

На рис.10.1 показана схема соединения цепей катодной защиты кабелей от коррозии.

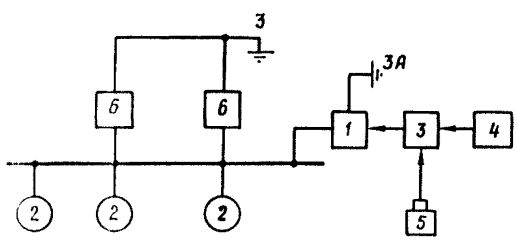


Рис.10.1. Схема соединения цепей катодной защиты электрических кабелей:

1 - управляемый источник тока; 2 - электрический кабель; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; 6 - разделительное устройство катодной защиты; 3 - заземляющее устройство; 3А - анодное заземление

10.9. Совместную защиту кабелей с другими подземными сооружениями следует осуществлять с помощью преобразователей ОЧАП6/10.

На рис.10.2 показана схема совместной защиты кабелей 6-35 кВ с другими подземными сооружениями. Катодные выходы управляемых источников тока 1 преобразователя ОЧАП6/10 соединены с газопроводами 2Г, трубопроводами теплосети 2Т, электрическими кабелями со свинцовыми оболочками 2СК, кабелями с алюминиевыми оболочками 2АК; анодные выходы соединены с анодными заземлениями 3А, блока-

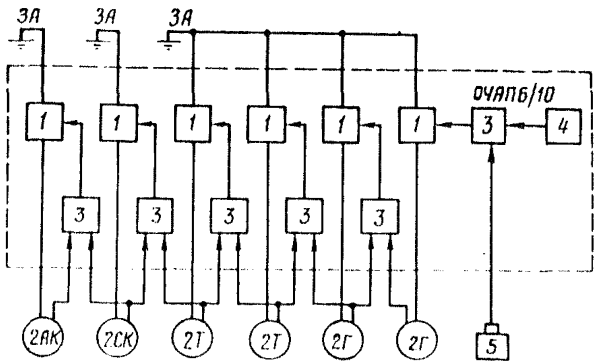


Рис.10.2. Схема совместной защиты электрических кабелей с другими подземными сооружениями с помощью преобразователя ОЧАПБ/10:

I - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление; АК - кабели с алюминиевой оболочкой; Т - теплосеть; СК - кабели со свинцовой оболочкой; Г - газопровод

ми управления 3 с помощью блока уставки 4 и электрода сравнения 5. При этом выравниваются потенциалы между подземными сооружениями при заданных потенциалах в точках дренажа.

10.10. При катодной защите кабелей с алюминиевой оболочкой сопротивление изоляции оболочки должно составлять менее 1,5 кОм·км независимо от степени коррозионной активности грунта.

При катодной защите кабелей независимо от вида защитного покрытия значение сопротивления изоляции оболочки должно быть не менее 4,5 кОм·км.

10.11. Защита от коррозии силовых кабелей с алюминиевыми оболочками должна обеспечиваться за счет применения кабелей с усиленными защитными покрытиями.

10.12. Электрические параметры катодной защиты кабелей 6-35 кВ должны уточняться при наладке.

10.13. Одиночные кабели 6-35 кВ должны защищаться от коррозии с помощью преобразователей ПАСК-М в сочетании с разделительными устройствами катодной защиты электрического кабеля.

10.14. Контрольно-измерительные пункты на кабелях 6-35 кВ

должны устанавливаться при входе в распределительные устройства (на протяженных кабелях через 0,5-0,6 км, при сближении с другими подземными сооружениями на расстояние менее 20 м через 0,3 км) и в местах пересечения кабелей с другими подземными сооружениями.

II. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА КАБЕЛЕЙ 110-500 кВ ОТ КОРРОЗИИ

II.1. Кабели 110 кВ должны быть обеспечены катодной защитой от коррозии в грунтах средней и высокой коррозионной активности. Кабели 220-500 кВ должны быть обеспечены катодной защитой независимо от коррозионной активности грунта.

II.2. Мероприятия по защите кабелей 110-500 кВ должны разрабатываться на стадии проектирования.

II.3. Защитные потенциалы на кабелях 110-500 кВ должны устанавливаться в соответствии с табл.5.1 и пп.5.13; 5.14.

II.4. Катодная поляризация отдельных участков кабелей 110 кВ может осуществляться с помощью магниевых протекторов, как указано в разд. 16.

II.5. Присоединение концевых муфт кабелей 110-500 кВ к заземляющему устройству должно производиться через разделительное устройство катодной защиты. В цепь каждой шины заземления, соединенной с заземляющим устройством, должно включаться разделительное устройство катодной защиты.

II.6. В промежуточных колодцах, где в соответствии с требованиями ПУЭ требуется заземление оболочек кабелей, присоединение этих оболочек к заземляющему устройству должно осуществляться через разделительное устройство катодной защиты (см.приложение 4), если сопротивление изоляции заземляющего устройства менее 0,5 Ом. На рис.II.1 показана схема присоединения кабеля 110 кВ низкого давления в концевом и промежуточных колодцах к заземляющему устройству через разделительные устройства катодной защиты.

II.7. Катодную защиту следует устанавливать на обоих концах кабеля 110-500 кВ, при этом точки дренажа должны располагаться на расстоянии не менее чем 200 м от концевой муфты (в первом промежуточном колодце).

При значительной длине кабеля следует устанавливать промежуточную катодную защиту.

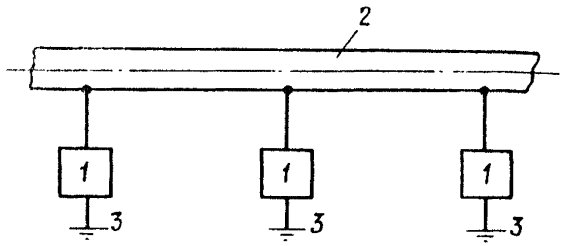


Рис.II.I. Схема присоединения кабеля II0 кВ в концевом и промежуточных колодцах к заземляющему устройству через разделительное устройство катодной защиты:

I - разделительное устройство катодной защиты; 2 - электрический кабель; 3 - заземляющее устройство

В местах сближения кабеля с другими сооружениями должна предусматриваться совместная защита.

II.8. Электрические параметры катодной защиты кабелей должны определяться расчетом и уточняться при наладке.

II.9. Расчет катодной защиты кабелей II0-500 кВ сводится к определению защитного тока, напряжения преобразователя.

Напряжение на выходе преобразователя определяется по формуле

$$U = I\,R_{общ}\,, \qquad (II.1)$$

$$R_{общ} = R_A + R_K + Z\,, \qquad (II.2)$$

где I - ток катодной защиты, А;

R_A - сопротивление анодного заземления, Ом;

R_K - сопротивление соединительных кабелей (сопротивление кабеля должно быть выбрано таким, чтобы падение напряжения в кабеле не превышало 2 В), Ом;

Z - входное сопротивление кабеля, Ом (определяется по п.4.I3).

Защитная плотность тока j ($А/м^2$) на поверхности оболочки кабеля определяется по формуле

$$j = (20 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0\ )\ 1{,}4\cdot10^{-3}. \qquad (II.3)$$

Два маслонаполненного кабеля высокого давления

$$j = (28 - 3{,}75\ \ell n\ \rho/\rho_0). \qquad (II.4)$$

Ток катодной защиты (А) определяют по формуле

$$I = 2\pi r \ell j, \qquad (II.5)$$

где r - радиус кабеля, м;

ℓ - длина участка кабеля, м;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м, ρ_0 = I Ом·м.

II.I0. При совместной защите кабелей II0-500 кВ с другими сооружениями должна быть обеспечена полная гальваническая развязка силовых цепей катодной защиты кабелей с силовыми цепями катодной защиты других сооружений.

На рис.II.2 показана схема совместной защиты кабелей II0-220 кВ при параллельной прокладке с другими подземными сооружениями с помощью преобразователя ОЧАП6/I0, состоящего из управляемых источников тока I, отрицательные выходы которых соединены с кабелем 220 кВ, кабелями II0 кВ, подземными сооружениями, положительные выходы соединены с анодными заземлениями 3А.

Блоки управления 3 с помощью блока уставки 4 и электрода сравнения 5 обеспечивают заданный режим работы системы совместной защиты от коррозии (поддержание заданного защитного потенциала на подземных сооружениях при разности потенциалов между ними, близкой нулю).

II.II. Если не может быть осуществлена совместная защита подземных сооружений вследствие несогласия организаций-владельцев этих сооружений, применяется раздельная защита кабелей II0-500 кВ от коррозии.

II.I2. При катодной защите кабелей наружные защитные оболочки кабелей (оболочка, броня) должны быть соединены между собой.

II.I3. Контрольно-измерительные пункты на кабелях II0-500 кВ должны устанавливаться у концевых и промежуточных колодцев, а так-

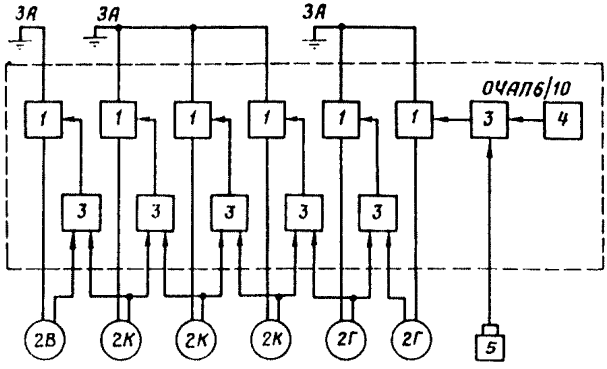


Рис.II.2. Схема совместной защиты кабелей 110-220 кВ с другими подземными сооружениями:

1 - управляемый источник тока; 2В - кабель 220 кВ; 2К - кабель 110 кВ; 2Г - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

же в 3-5 м от места присоединения дренажного кабеля катодной защиты к кабелю 110-500 кВ. Кроме этого, контрольно-измерительные пункты следует устанавливать в местах пересечения кабелей 110-500 кВ с другими подземными сооружениями.

На рис.II.3 дана схема контрольно-измерительного пункта на кабеле 6-500 кВ.

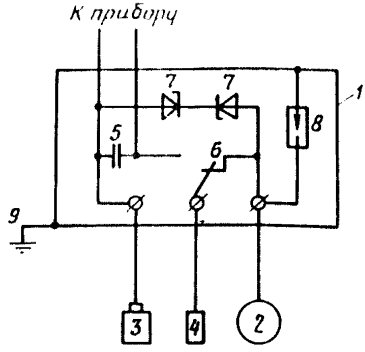


Рис.II.3. Схема контрольно-измерительного пункта кабеля 6-500 кВ:

1 - корпус пункта; 2 - электрический кабель; 3 - электрод сравнения; 4 - датчик электрохимического потенциала; 5 - конденсатор; 6 - переключатель; 7 - стабилитрон; 8 - разрядник; 9 - заземляющее устройство

Если проходит несколько кабелей, присоединение контрольных проводников и установка электродов сравнения производится на крайних кабелях (рис.II.4).

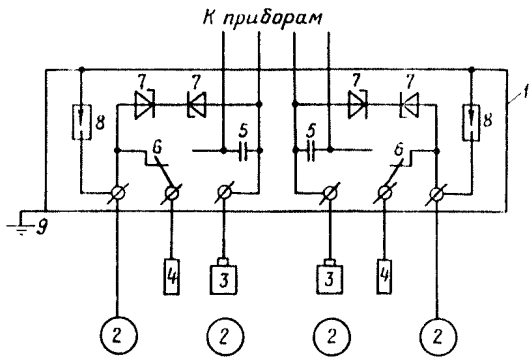


Рис.II.4. Схема контрольно-измерительного пункта группы электрических кабелей 6-500 кВ:

I - корпус пункта; 2 - электрический кабель; 3 - электрод сравнения; 4 - датчик электрохимического потенциала; 5 - конденсатор; 6 - переключатель; 7 - стабилитрон; 8 - разрядник; 9 - заземляющее устройство

II.4. Корпус контрольно-измерительного пункта электрического кабеля 6-500 кВ должен быть присоединен к заземляющему устройству с сопротивлением не более 4 Ом.

I2. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОСЕТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

I2.I. Защита магистральных теплосетей бесканальной прокладки от коррозии должна быть выполнена изоляционными покрытиями в сочетании с катодной поляризацией. Катодную поляризацию следует осуществлять независимо от коррозионной активности грунта.

I2.2. Защитная плотность тока j ($мА/м^2$) на поверхности трубопроводов магистральной теплосети определяется по формуле

$$j = (40 - 3{,}75 \cdot \ell n\, \rho/\rho_0)\, 10^{-3}. \qquad (I2.I)$$

Ток катодной защиты I (А) магистральной теплосети определяется по формуле

$$I = 2 \cdot \pi \, r \, \ell \, j \,, \qquad (12.2)$$

где r - радиус теплосети, м;

ℓ - длина участка теплосети, м;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м, ρ_0 = 1 Ом·м.

12.3. При защите магистральных теплосетей от коррозии должны использоваться преобразователи ОЧАП6/10. При этом допускается параллельная работа каналов преобразователей.

На рис.12.1 дана схема защиты трубопроводов магистральных

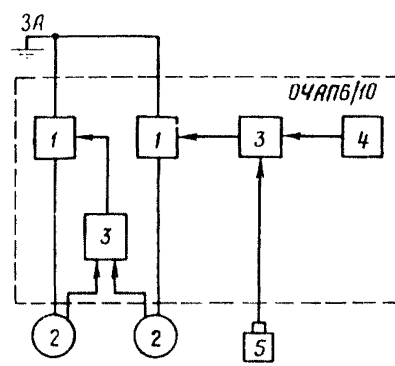


Рис.12.1. Схема защиты от коррозии трубопроводов магистральных теплосетей, не имеющих гальванической связи между собой:

1 - управляемый источник тока; 2 - трубопровод теплосети; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

теплосетей от коррозии. Преобразователь ОЧАП6/10 состоит из управляемых источников тока 1, отрицательные выходы которых соединены с прямой и обратной трубой 2 магистральной теплосети. Блоки управления 3 обеспечивают регулирование тока в управляемых источниках тока 1 таким образом, чтобы потенциалы блока уставки 4 и электрода сравнения были равны между собой.

При гальванической связи трубопроводов схема соединений преобразователя ОЧАП6/10 показана на рис.12.2.

12.4. Трубопроводы магистральных теплосетей на территории электростанций и теплоцентралей должны иметь защитный потенциал

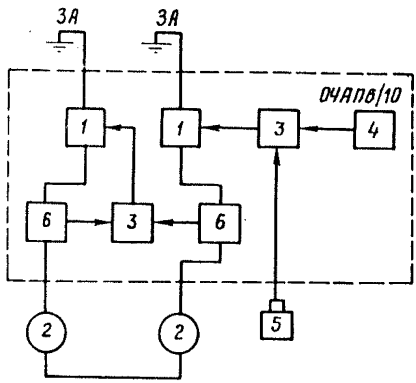


Рис.I2.2. Схема защиты от коррозии трубопроводов магистральных теплосетей, гальванически связанных между собой:

I - управляемый источник тока; 2 - трубопровод теплосети; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; 6 - датчик тока; ЗА - анодное заземление

не ниже минимально допустимого, указанного в пп.5.I3, 5.I4.

I2.5. Трубопроводы магистральных теплосетей при надземной прокладке должны быть электрически изолированы от опор. Сопротивление изоляции должно быть не менее I00 кОм на одной опоре.

I2.6. На теплосетях должны быть установлены контрольно-измерительные пункты для измерения потенциала "подземное сооружение-земля". Схема контрольно-измерительного пункта теплосети дана на рис.I2.3.

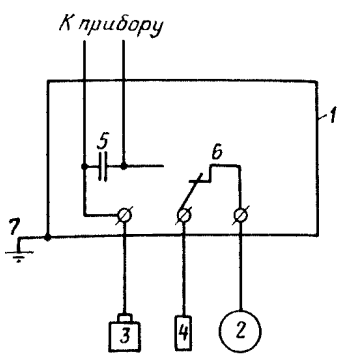


Рис.I2.3. Схема контрольно-измерительного пункта на трубопроводе теплосети:

I - корпус пункта; 2 - трубопровод теплосети; 3 - электрод сравнения; 4 - датчик электрохимического потенциала; 5 - конденсатор; 6 - переключатель; 7 - заземляющее устройство

I2.7. Кабели и провода должны присоединяться к трубопроводам теплосетей в камерах, а также на подземных участках сетей с помощью контактных устройств.

I2.8. Сооружение контрольно-измерительных пунктов выполняется в соответствии с чертежами, утвержденными в установленном порядке.

13. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК ОТ КОРРОЗИИ

13.1. При защите подземных энергетических сооружений промышленных площадок от коррозии должна применяться совместная защита. При этом подземные энергетические сооружения, находящиеся на промышленной площадке, должны иметь защитный потенциал не ниже минимального, указанного в табл.5.1 и пп.5.13; 5.14. Необходимость катодной поляризации должна определяться в зависимости от коррозионной активности грунта. Если одному из подземных сооружений, гальванически связанному с другими подземными сооружениями, необходима катодная поляризация, то должна осуществляться совместная защита от коррозии.

13.2. Для защиты подземных сооружений должны применяться преобразователи ОЧАП6/10 в сочетании с разделительными устройствами катодной защиты, при этом в зависимости от назначения подземных энергетических сооружений должны выполняться условия, указанные в разд.8-12.

13.3. Схема соединения цепей катодной защиты с использованием преобразователя ОЧАП6/10 показана на рис.13.1. При этом отрицательные выводы управляемых источников тока 1 соединены с подземными сооружениями 2, а положительные - с анодными заземлениями 3А. Блоки управления 3 соединены с блоком уставки 4 и электродами сравнения 5, заземляющее устройство присоединено через разделительные устройства катодной защиты 6 к подземным сооружениям 2.

13.4. При совместной защите подземных сооружений различного назначения от коррозии электрические перемычки между ними не устанавливаются.

Подходящие к промышленным площадкам электрические кабели 6-220 кВ должны присоединяться к заземляющему устройству через разделительное устройство катодной защиты электрического кабеля. Присоединение заземляющих устройств к установкам различного назначения, которые соединены с подземными энергетическими сооружениями, следует производить через разделительное устройство катодной защиты.

Защита от коррозии заземляющих устройств промышленных площадок должна производиться в соответствии с разд.9.

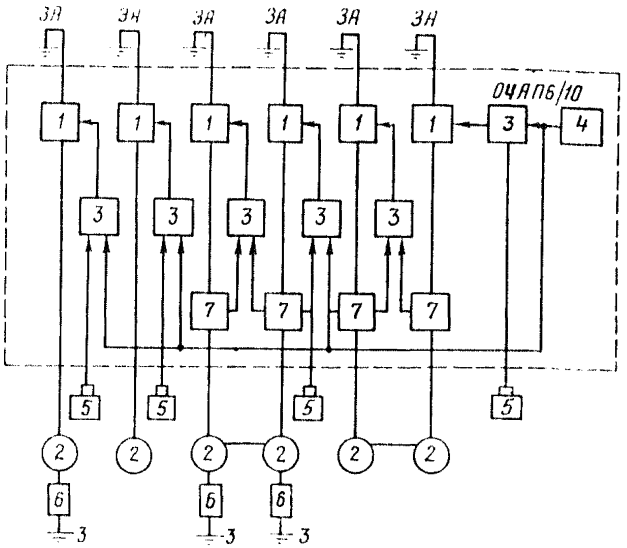


Рис.I3.I. Схема совместной защиты различных подземных энергетических сооружений, размещенных на промышленной площадке:

I - управляемый источник тока; 2 - подземное сооружение; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; 6 - разделительное устройство катодной защиты; 7 - датчик тока; 3 - заземляющее устройство; ЗА - анодное заземление

Присоединение заземляющего устройства к подземному энергетическому сооружению должно производиться через разделительное устройство катодной защиты.

I3.5. При защите подземных сооружений промышленных площадок от коррозии целесообразно число анодных заземлений выбирать равным числу каналов преобразователя ОЧАПБ/I0, но не менее четырех.

I3.6. Выбор типа анодного заземления для катодной защиты подземных сооружений промышленных площадок должен производиться в соответствии с разд.I5.

I4. КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

I4.I. Параллельные трубопроводы должны иметь совместную з щиту от коррозии, при этом разность потенциалов между трубопро дами не должна превышать 0,I В. Катодная поляризация магистрал ных трубопроводов теплосетей должна производиться независимо о коррозионной активности грунта при условии, указанном выше.

I4.2. При совместной защите параллельных трубопроводов металлические перемычки между трубопроводами не должны устанавливаться. Для совместной защиты от коррозии должны использоваться преобразователи ОЧАП6/I0.

I4.3. Расстояния между преобразователями ОЧАП6/I0 должны б не более 5 км, если трубопроводы имеют изоляцию на основе битум При пленочной изоляции трубопроводов расстояние между преобраз телями должно быть не более 7 км.

I4.4. Точки дренажа должны выбираться на трубопроводах в о ной плоскости по одной линии, перпендикулярной оси трубопроводо

I4.5. При наличии более двух параллельных трубопроводов ан ные заземления должны устанавливаться по обеим сторонам системы трубопроводов.

I4.6. При наличии технологических перемычек между трубопро водами на расстоянии менее I0 км число анодных заземлений опред ляется по формуле

$$n = 2 + n', \qquad (I4.I)$$

где n' – число технологических перемычек между трубопроводами.

I4.7. Схемы, приведенные на рис.8.2 и II.2, могут быть использованы для защиты от коррозии параллельных трубопроводов. Эти схемы обеспечивают поддержание заданного защитного потенциала в точках дренажа при разности потенциалов между трубопроводам не более 0,I В.

I4.8. Схема соединения преобразователя ОЧАП6/I0 при наличии перемычек между трубопроводами показана на рис.I4.I.

I4.9. Контрольно-измерительные пункты должны устанавливаться на соответствующих расстояниях, рекомендованных нормативно-тех ической документацией,в одной плоскости,перпендикулярной трубо-

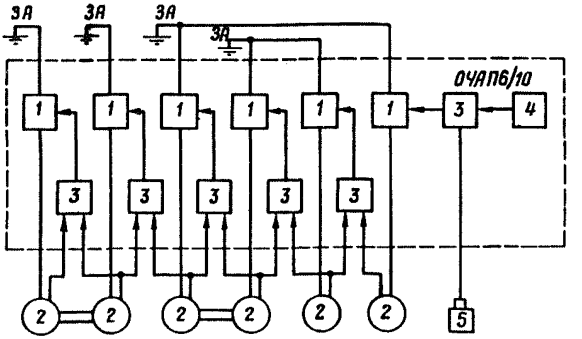


Рис.I4.I. Схема защиты от коррозии параллельных подземных сооружений:

I - управляемый источник тока; 2 - подземный трубопровод; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; ЗА - анодное заземление

проводам.

I4.I0. В местах пересечения параллельных трубопроводов с другими подземными сооружениями должна осуществляться совместная защита.

I4.II. Отводы от параллельных трубопроводов должны иметь совместную защиту с магистральными трубопроводами.

I4.I2. При расчете совместной защиты параллельных трубопроводов необходимо определить параметры катодной защиты для каждого трубопровода в отдельности.

I4.I3. Ток катодной защиты трубопровода определяется по формуле

$$I = \frac{U_{см}}{Z + \frac{\rho}{2\pi y}}, \qquad (I4.I')$$

где $U_{см}$ - смещение разности потенциалов в точке дренажа, В;

Z - входное сопротивление трубопровода, Ом;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

y - расстояние, выбранное между подземным сооружением и анодным заземлением, м($300 < y < 500$).

I4.I4. Напряжение на выходе установки катодной защиты определяется по формуле

$$U = I\left(Z + R_{пр} + R\right), \qquad (I4.2)$$

где $R_{пр}$ - сопротивление соединительных проводов, Ом;
R - сопротивление анодного заземления, Ом.

I4.I5. Сопротивление соединительных проводов определяется по формуле

$$R_{пр} = \rho_м \frac{y_1}{S_1} + \rho_м \frac{y_2}{S_2}, \qquad (I4.3$$

где $\rho_м$ - удельное сопротивление провода, Ом . мм^2/м;
y_1 - длина дренажного провода, м;
S_1 - сечение анодного провода, мм^2;
y_2 - длина анодного провода, м;
S_2 - сечение дренажного провода, мм^2.

I4.I6. При совместной защите от коррозии параллельных трубопроводов должны использоваться устройства, описанные в разд.8-I4.

I5. АНОДНЫЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

I5.I. Анодное заземление является одним из основных узлов установок катодной защиты.

В качестве электродов для анодного заземления должны использоваться сталь, графит и кремнистый чугун.

При сооружении анодных заземлений допускается применение проводящих засыпок, в которые устанавливаются электроды.

I5.2. По конструктивному исполнению и глубине заложения анодные заземления могут быть поверхностные и глубинные.

Поверхностные анодные заземления должны выполняться с вертикальной и горизонтальной закладкой электродов.

Глубинные анодные заземления должны выполняться из вертикал

ных, электродов, в зависимости от условий работы и требований к ним могут иметь изолированный ввод тока.

Глубинные анодные заземления эффективны, когда их устанавливают в слое грунта с малым удельным сопротивлением (менее 20 Ом·м).

I5.3. Выбор типа анодного заземления должен осуществляться с учетом следующих факторов:

- потерь мощности на анодном заземлении;
- геологических условий в месте размещения анодного заземления;
- расположения подземных сооружений вблизи анодного заземления;
- выделенной территории под анодное заземление.

I5.4. Анодное заземление должно рассчитываться по сопротивлению, нагрузочной способности и сроку службы.

Срок службы анодного заземления должен быть не менее I0 лет.

I5.5. Нагрузочная способность электрода зависит от площади его поверхности и составляет для поверхности электродов типа ЭГТ, контактирующей с грунтом, I,2 $А/м^2$.

I5.6. Срок службы анодного заземления должен определяться, исходя из потери массы электрода в рабочем режиме (табл.I5.I).

Таблица I5.I

Срок службы электродов для анодного заземления

Материал электрода	Сталь	Графит	Кремнистый чугун
Потеря массы электрода, кг	9,0-I0,0	0,5-0,7	0,4-0,7

Срок службы анодного заземления равен

$$T = \frac{0,7 \cdot G}{q \cdot I}, \qquad (I5.I)$$

где G - масса материала электродов, кг;

q - удельные потери массы электрода, кг/(А·год);

I - ток анодного заземления, А.

I5.7. Параметры углеграфитовых электродов приведены в табл.I5.2.

Таблица I5.2

Параметры углеграфитовых электродов

Тип	ЭГТ-2900	ЭГТ-2500	ЭГТ-2000	ЭГТ-I450	ЭГТ-I000
Длина, мм	2900±50	2500±20	2000±I0	I450±I0	I000±I0
Диаметр, мм	II4	II4	II4	II4	II4

I5.8. При использовании для совместной защиты от коррозии преобразователей ОЧАП6/I0 размещение электродов анодных заземлений допускается многорядным или однорядными при чередовании присоединения электродов к соединительным проводам (рис.I5.I).

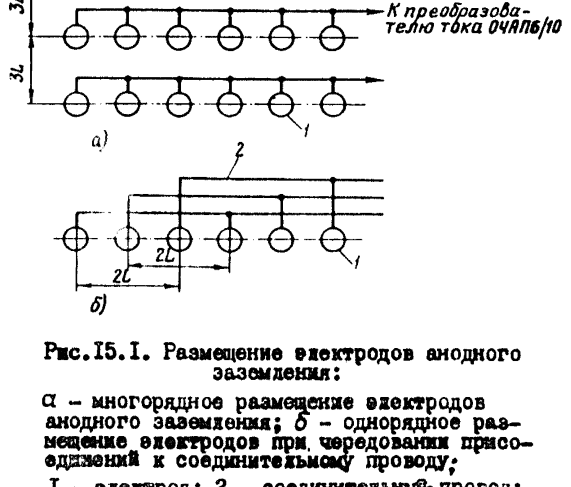


Рис.I5.I. Размещение электродов анодного заземления:

а - многорядное размещение электродов анодного заземления; б - однорядное размещение электродов при чередовании присоединений к соединительному проводу;

I - электрод; 2 - соединительный провод; L - длина электрода

Такое размещение электродов рекомендуется на площадках, имеющих ограниченные размеры, при этом каждый ряд электродов подключается к отдельному каналу преобразователя ОЧАП6/10.

I5.9. Примерное размещение анодных заземлений на территории электростанций и подстанций и вблизи них показано на рис.I5.2 и I5.3.

I5.I0. При выборе типов анодных заземлений и мест их установки возможны различные комбинации размещения анодных заземлений и использования различных их типов.

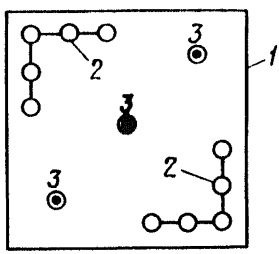


Рис.I5.2. Размещение анодных заземлений на территории электростанций и подстанций:

I - территория электростанции(подстанции); 2 - поверхностное анодное заземление; 3 - глубинное анодное заземление

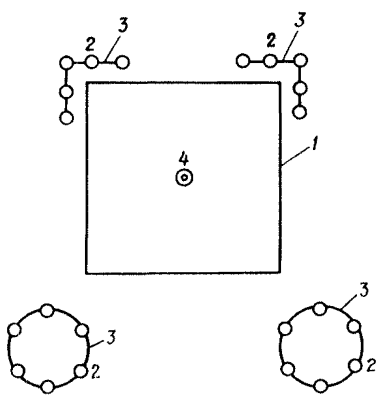


Рис.I5.3. Размещение анодных заземлений на территории электростанций и подстанций и вблизи них:

I - территория электростанции (подстанции); 2 - электроды анодного заземления, размещенные в верхнем слое грунта; 3 - соединительные провода; 4 - глубинное анодное заземление

I5.II. Сечение кабелей, силовых цепей катодной защиты должно выбираться таким, чтобы значение падения напряжения при максимальном токе не превышало 2В.

I5.I2. Сопротивление вертикального электрода, установленного в верхних слоях грунта, рассчитывается по формуле

$$R_в = \frac{\rho}{2\pi \ell_э}\left(\ell n \frac{2\ell_э}{d_э} + \frac{1}{2}\ell n \frac{4h+\ell_э}{4h-\ell_э}\right), \qquad (I5.2)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом-м;
$\ell_э$ - длина электрода, м;
$d_э$ - диаметр электрода, м;
h - расстояние от поверхности земли до середины электрод

I5.I3. Сопротивление анодного заземления из вертикальных электродов, размещенных в верхних слоях грунта, равно

$$R = \frac{R_э \eta}{N}, \qquad (I5.3)$$

$$\eta = 1 + 0{,}02 \cdot N, \qquad (I5.4)$$

где N - количество электродов, шт.

Расстояние между электродами рационально выбирать равным $\ell = I{,}5\ \ell_э$.

I5.I4. Сопротивление анодного заземления, выполненного из горизонтальных электродов, размещенных в верхних слоях грунта в однорядном исполнении, при $\ell_э > h$ и $\ell_э \gg d$ может быть определено по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi \ell'_э}\left(\ell n \frac{2\ell'^2_э}{d_э} + \ell n \frac{\ell'_э + \sqrt{\ell'^2_э + 16h^2}}{4h}\right), \qquad (I5.5)$$

где $\ell'_э$ - общая длина горизонтального электрода, состоящего и отдельных элементов.

I5.I5. Расчет глубинных анодных заземлений должен производиться с учетом неоднородной структуры грунта, приведенной к сл истой. Расположение глубинных электродов в грунте показано на рис.I5.4.

I5.I6. Сопротивление вертикального электрода, заложенного в верхнем и нижнем слоях грунта, определяется по формулам:

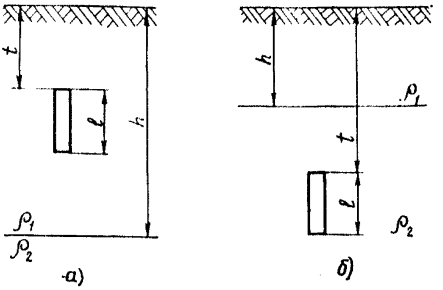


Рис.I5.4. Размещение вертикальных электродов в грунте (расчет по формулам (I5.6), (I5.7)):
а - размещение электродов в верхнем слое грунта; *б* - размещение электродов в нижнем слое грунта

$$R=\frac{\rho_1}{4\pi\ell}\left[\ell n\frac{\ell^2}{r_0^2}\frac{a}{b}+\sum_{n=1}^{n=\infty}k^n\ell n\frac{\left(1+\frac{c}{n}\right)^2\left(1+\frac{a}{n}\right)\left(1-\frac{b}{n}\right)}{\left(1-\frac{c}{n}\right)^2\left(1-\frac{a}{n}\right)\left(1+\frac{b}{n}\right)}\right], \quad (I5.6)$$

$$R=\frac{\rho_2}{4\pi\ell}\left[\ell n\frac{\ell^2}{r_0^2}\frac{a}{b}+\sum_{n=1}^{n=\infty}k^n\ell n\frac{\left(1+\frac{a}{n}\right)\left(1+\frac{b-2}{n}\right)}{\left(1+\frac{b}{n}\right)\left(1+\frac{a-2}{n}\right)}\right], \quad (I5.7)$$

где ρ_1 - удельное сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м;
ρ_2 - удельное сопротивление нижнего слоя грунта, Ом·м;
ℓ - длина электрода, м;
r_0 - радиус электрода, м.

$$k=\frac{\rho_2-\rho_1}{\rho_2+\rho_1}, \quad (I5.8)$$

$$a = \frac{0{,}75\ell + t}{h}, \qquad (15.9)$$

$$b = \frac{0{,}25\ell + t}{h}, \qquad (15.10)$$

$$c = \frac{0{,}25\ \ell}{h}, \qquad (15.11)$$

где t - расстояние от поверхности земли до верхнего конца вертикального электрода и глубина закладки горизонтального электрода, м;

h - мощность верхнего слоя грунта, м.

16. ПРОТЕКТОРНАЯ ЗАЩИТА ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

16.1. В грунтах высокой коррозионной активности протекторная защита подземных энергетических сооружений от коррозии должна осуществляться группами протекторными установками в соответствии с табл.3.1.

16.2. Размеры и основные технические данные отечественных протекторов приведены в табл.16.1 и 16.2.

Таблица I6.I

Основные технические данные протекторов типа ПМ

Магниевый протектор	Габаритные размеры, мм		Масса, кг	Рабочая поверхность, $м^2$
	Диаметр (условный)	Длина		
ПМ-5	95	500	5	0,I6
ПМ-I0	I20	600	I0	0,23
ПМ-20	I50	800	20	0,35

аблица I6.2

Основные технические данные протекторов типа ПМ-У

Магниевый протектор, упакованный с активатором	Габаритные размеры, мм		Масса, кг
	Диаметр	Длина	
ПМ-5У	I65	580	I6
ПМ-I0У	200	I00	30
ПМ-20У	240	900	60

I6.3. Токоотдача протектора $I_п$ (А) определяется по формуле

$$I_п = \frac{\Delta U}{R_п + r_{пр} + R_{вх}}, \qquad (I6.I)$$

где ΔU - среднее значение разности стационарных потенциалов между протектором и защищаемым сооружением, В;

$R_п$ - сопротивление протектора (группы протекторов), Ом;

$r_{пр}$ - сопротивление соединительных проводников, Ом;

$R_{вх}$ - входное сопротивление подземного энергетического сооружения, Ом.

I6.4. При протекторной защите арматуры фундаментов опор ВЛ от почвенной коррозии должно соблюдаться условие

$$R_п \leq R_{вх} . \qquad (16.2)$$

16.5. Сопротивление протектора, установленного без активатора, должно вычисляться по формулам, приведенным для расчета анодных заземлений (пп.15.13; 15.14; 15.15).

16.6. Сопротивление протектора в активаторе, установленного вертикально в грунте, определяется по формуле

$$R_п = \frac{\rho}{2\pi\ell}\left(\ln\frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h+\ell}{4h-\ell} + \frac{\rho_a}{\rho}\ln\frac{d_a}{d}\right) \qquad (16.3)$$

при $\ell \gg \frac{d_a}{2}$ и $h > \frac{\ell}{4}$.

Сопротивление протектора в активаторе, установленного горизонтально в грунте, определяется по формуле

$$R_п = \frac{\rho}{2\pi\ell}\left(\ln\frac{2\ell}{d} + \ln\frac{\ell+\sqrt{\ell^2+16h^2}}{4h} + \frac{\rho_a}{\rho}\ln\frac{d_a}{d}\right) \qquad (16.4)$$

при $\ell > d$,

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

ℓ - длина протектора, м;

d - диаметр протектора, м;

h - глубина установки протектора, м;

ρ_a - удельное сопротивление активатора (обычно равно 1,6 Ом·м);

d_a - диаметр активатора, м.

Коэффициент экранирования протекторов определяется по формулам (15.3) и (15.4).

16.7. На рис.16.1 приведены кривые зависимости токоотдачи магниевых протекторов типов ПМ, ПМ-У от удельного сопротивления грунта.

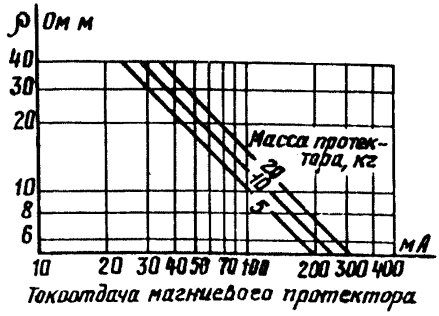


Рис.I6.I. Кривые зависимости токоотдачи магниевых протекторов от удельного сопротивления грунта и их массы

I6.8. Срок службы магниевого протектора определяется по формуле

$$T = 0{,}12 \cdot \frac{Q}{I}\ , \qquad (I6.5)$$

где Q - масса протектора, кг;
I - ток протектора, А.

I6.9. При протекторной защите арматуры фундамента опор ВЛ следует использовать групповые протекторные установки, размещение которых вблизи фундаментов показано на рис.I6.2.

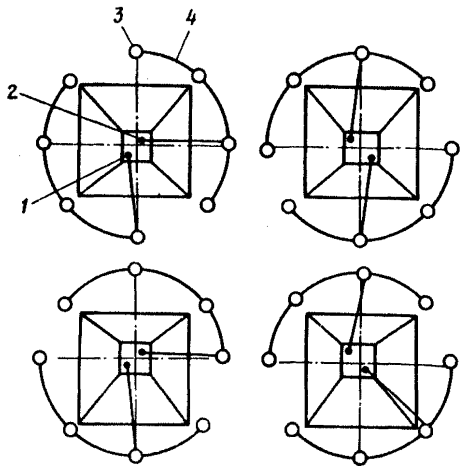


Рис.I6.2. Размещение протекторов при защите арматуры фундамента опоры ВЛ от коррозии:

I - точка дренажа; 2 - фундамент опоры; 3 - протектор; 4 - соединительные провода

I6.I0. При применении сборного фундамента арматура каждой из его частей должна быть металлически соединена. Методика расчета сопротивления фундаментов опор ВЛ приведена в приложении 5.

I7. СТРОИТЕЛЬСТВО УСТРОЙСТВ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

I7.I. Для сооружения устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии следует применять узлы типового проектирования, используя унифицированные конструкции и изделия централизованного изготовления.

I7.2. Оборудование и изделия должны соответствовать спецификации проекта, государственным стандартам и техническим условиям и иметь соответствующие сертификаты, технические паспорта, удостоверяющие качество оборудования, изделий и материалов.

I7.3. Монтаж устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии следует выполнять с помощью механизированных методов с применением укрупненных узлов.

Расчет катодной защиты подземных энергетических сооружений различного назначения приведен в приложении 6.

17.4. Работы по сооружению устройств катодной защиты должны включать:

- разметку трасс кабелей;
- прокладку кабелей;
- монтаж контактных выводов, контрольно-измерительных пунктов, анодных заземлений, заземляющих устройств, преобразователя;
- монтаж контактных присоединений в соответствии со схемой защиты;
- наладку устройства защиты.

17.5. Строительно-монтажные работы должны иметь оценку качества.

17.6. Части устройств катодной защиты, которые размещены под землей, можно засыпать только после их тщательной проверки и оформления акта на приемку строительно-монтажных работ (приложение 7).

17.7. Строительство и монтаж устройств катодной защиты необходимо вести в соответствии с проектом. Отступления от проектных решений при выполнении строительно-монтажных работ заказчик должен согласовывать с проектной организацией.

17.8. Устройства катодной защиты от коррозии должны быть выполнены в полном объеме по проекту.

17.9. Подключение устройств катодной защиты к источникам питания переменного тока должно согласовываться с соответствующими организациями.

17.10. Монтаж преобразователей катодной защиты должен включать следующие работы:

- разработку грунта под фундамент преобразователя в соответствии с проектом, установку фундамента;
- установку преобразователя на фундамент;
- установку в котловане труб для ввода кабелей в преобразователь;
- ввод кабелей через трубы в преобразователь;
- засыпку котлована и уплотнение грунта;
- присоединение заземляющего устройства, кабелей и преобразователей в соответствии с электрической схемой.

17.11. Площадка около преобразователя должна быть утрамбована, выходящие из земли трубы для ввода кабелей в преобразователь

должны быть окрашены в черный цвет.

I7.I2. При сооружении кабельных линий необходимо руководствоваться требованиями ПУЭ.

I7.I3. При прокладке кабеля в грунте должны быть выполнены следующие работы:

- разработка траншеи;
- удаление из траншеи камней и посторонних предметов;
- засыпка дна траншеи слоем мелкого грунта;
- укладка кабеля в траншею;
- маркировка концов кабеля;
- предварительная засыпка кабеля слоем мелкого грунта;
- окончательная засыпка траншеи;
- маркировка трассы кабеля.

I7.I4. Контактные соединения кабелей в проходах и трубах не допускаются.

I7.I5. Маркировать трассу необходимо путем нанесения опознавательных знаков на столбиках из железобетона или угловой стали. Опознавательные знаки следует устанавливать на поворотах трассы, в местах соединительных муфт, на пересечениях, у входов в здания и сооружения.

I7.I6. При сооружении заземляющих устройств должны быть выполнены следующие работы:

- разработка траншеи в соответствии с рабочими чертежами;
- установка вертикальных и горизонтальных электродов;
- соединение электродов между собой и магистральной шиной;
- засыпка траншеи и уплотнение грунта;
- окраска наземной части шин заземления.

I7.I7. Электроды заземляющего устройства должны быть выполнены из стальных стержней, соединенных между собой с помощью электросварки, при этом длина шва должна быть равна шести диаметрам при круглом сечении и двойной ширине при прямоугольном сечении. Сварные швы должны быть изолированы битумными мастиками.

I7.I8. После окончания строительства необходимо измерить сопротивление заземляющего устройства. Значение сопротивления заземляющего устройства должно быть не более указанного в проекте защиты подземных сооружений от коррозии.

I7.I9. При сооружении анодного заземления из вертикальных электродов в верхних слоях грунта должны быть выполнены следую-

щие работы:

- разработка траншеи на проектную глубину и длину;
- установка электродов в предварительно пробуренные скважины;
- монтаж соединений электродов с соединительным кабелем;
- изоляция мест контактных соединений;
- контроль качества изоляции контактных соединений;
- засыпка траншеи грунтом и уплотнение грунта.

17.20. При сооружении анодного заземления из горизонтальных электродов должны быть выполнены следующие работы:

- разработка траншеи на проектную глубину и длину;
- выравнивание дна траншеи;
- размещение электродов в траншее в соответствии с проектом;
- засыпка траншеи на 30% глубины;
- прокладка соединительного кабеля;
- [illegible]единение электродов с соединительным кабелем;
- изоляция мест контактных соединений;
- контроль качества изоляции контактных соединений;
- [illegible]шеи грунтом и уплотнение грунта.

[illegible]ружении глубинного анодного заземления должны быть выполнены следующие работы:

- [illegible]скважины на проектную глубину;
- сборка глубинного электрода в соответствии с проектной документацией;
- спуск глубинного электрода в соответствии с технологией, указанной в проекте;
- присоединение глубинного электрода к соединительному кабелю;
- контроль качества изоляции соединения;
- монтаж кабельного вывода в соответствии с проектом.

17.22. При установке контрольно-измерительного пункта на его подземную часть необходимо нанести антикоррозионный состав, а наземную часть окрасить в соответствии с указаниями проекта.

17.23. При строительстве и монтаже контрольно-измерительных пунктов должны быть выполнены следующие работы:

- разработка котлована;
- установка электрода сравнения в соответствии с проектом;

- установка заземляющего устройства (для электрических кабелей 6-220 кВ);

- установка контрольно-измерительного пункта и присоединение к нему заземляющего устройства;

- присоединение контрольного проводника к подземному сооружению;

- соединение электрода сравнения и контрольного проводника от подземного сооружения с доской выводов контрольно-измерительного пункта;

- маркировка проводников и контрольно-измерительного пункта;

- закрепление грунта около контрольно-измерительного пункта.

I7.24. Протекторы должны быть установлены в траншею и в скважины, размеры и расположение которых должны соответствовать проекту.

I7.25. При горизонтальной установке протекторов должны быть выполнены следующие строительно-монтажные работы:

- разработка траншей для установки протекторов и прокладки кабелей к защищаемому от коррозии сооружению;

- укладка протекторов в траншею;

- укладка кабеля в траншею;

- соединение протектора с кабелем и кабеля с защищаемым от коррозии сооружением;

- изоляция мест соединений кабеля с протектором и сооружением;

- контроль качества изоляции;

- установка контрольно-измерительного пункта в соответствии с пп.I7.22, I7.23;

- заливка протекторов грунтовым раствором из расчета 0,05 $м^3$ на каждый протектор;

- засыпка траншеи грунтом с послойным его уплотнением.

I7.26. При вертикальной установке протекторов должны быть выполнены следующие строительно-монтажные работы:

- разработка траншеи для укладки кабеля;

- бурение скважины под установку протекторов;

- установка протекторов с центровкой и фиксацией их в скважине;

- укладка в траншею кабеля;

- присоединение проводников протекторов к кабелю;

- изоляция мест соединений;
- контроль качества изоляции;
- заливка скважины глинистым раствором;
- засыпка скважины грунтом с послойным уплотнением;
- засыпка траншеи грунтом.

17.27. Диаметр скважины должен обеспечивать свободное опускание в нее протектора и послойное уплотнение грунта при ее засыпке.

18. НАЛАДКА И ПРИЕМКА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ УСТРОЙСТВ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

18.1. При пуске и опробовании устройств катодной защиты следует руководствоваться государственными стандартами, строительными нормами и настоящими Руководящими указаниями.

18.2. Включение и выключение устройств катодной защиты, а также их опробование должен выполнять персонал, который прошел специальное обучение и имеет квалификацию не ниже третьей группы согласно [21] и [22] .

18.3. Подключение устройств катодной защиты к питающим электролиниям должно осуществляться в присутствии представителя службы электроснабжения.

18.4. Пуск и опробование устройств катодной защиты необходимо выполнять не ранее чем через восемь дней после окончания монтажа анодного заземления.

18.5. Пуск и опробование устройств совместной защиты следует выполнять в присутствии персонала заинтересованных организаций.

18.6. Перед пуском и опробованием устройства катодной защиты необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- установку визуальным осмотром соответствия выполненных монтажных работ проекту с использованием актов на приемку строительно-монтажных работ;
- измерение значений сопротивлений заземляющего устройства и анодного заземления. Эти значения не должны превышать проектные;

- подключение преобразователя к электросети.

I8.7. Пуск и опробование устройств катодной защиты должны производиться в следующем порядке:

- измерить стационарный потенциал подземного сооружения;

- установить уставкой защитный потенциал (ток) в соответствии с указанным в проекте;

- включить преобразователь;

- произвести измерение защитных потенциалов на подземном сооружении и повторные измерения их через 24 ч.

I8.8. Сдача устройства катодной защиты и приемка его рабочей комиссией должны быть оформлены актом (приложение 8).

I8.9. При сдаче устройства катодной защиты должны быть выполнены следующие работы:

- проверка по актам и исполнительным чертежам соответствия проекту;

- проверка внешним осмотром наличия всех элементов устройства защиты;

- включение и проверка устройства защиты;

- измерение сопротивления заземляющего устройства, анодного заземления и цепи катодной защиты;

- составление акта в соответствии с приложением 8. К акту должны прилагаться потенциальные диаграммы подземных сооружений при отключенном и включенном устройстве защиты. На потенциальной диаграмме должны быть указаны значения защитных токов каждого защищаемого от коррозии подземного энергетического сооружения, напряжения на выходе каждого канала преобразователя, сопротивления каждого анодного заземления и заземляющего устройства.

Акты должны рассматриваться и утверждаться организациями, назначившими рабочую комиссию не позднее чем в двухнедельный срок со дня представления акта.

I8.I0. При приемке в эксплуатацию кабелей II0-500 кВ и магистральных теплосетей одновременно должна производиться приемка устройств катодной защиты этих сооружений от коррозии.

I9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

I9.I. Персонал, обслуживающий подземные энергетические сооружения, должен осуществлять систематический контроль за их коррозионным состоянием и при обнаружении опасности разрушения от коррозии должны быть приняты меры по ее предотвращению.

I9.2. Контроль за коррозионным состоянием подземных энергетических сооружений должен осуществляться путем:

- осмотра в шурфах;
- отбора проб грунта или воды и его химического анализа;
- анализа карт коррозионной активности грунтов;
- химических анализов продуктов коррозии подземных энергетических объектов;
- измерения потенциалов на подземных энергетических сооружениях.

I9.3. В процессе эксплуатации должны производиться периодический технический осмотр установок защиты, проверка эффективности их работы и контрольные измерения потенциалов на защищаемых подземных сооружениях.

I9.4. Для каждой установки катодной защиты должен быть заведен журнал контроля ее работы, в который вносят результаты технического осмотра и измерений защитных потенциалов в точке дренажа (приложение 9).

I9.5. Технический осмотр установок катодной защиты от коррозии должен проводиться по инструкциям, утвержденным в энергосистеме.

I9.6. Все коррозионные повреждения должны регистрироваться. Основным документом является акт или протокол обследования подземных сооружений. Случаи коррозионных повреждений должны заноситься в паспорт соответствующего подземного сооружения.

Трубопроводы магистральных теплосетей один раз в год должны подвергаться испытанию повышенным давлением для выявления мест коррозионных повреждений в соответствии с нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке.

I9.7. При обнаружении коррозии подземных сооружений должны быть разработаны мероприятия по предотвращению дальнейшего повреждения подземных сооружений и ремонту поврежденных участков.

I9.8. При осмотре установки катодной защиты необходимо записать показания всех приборов, затем следует отключить установку и проверить все контактные соединения, затем включить установку.

I9.9. При обнаружении неисправностей должна производиться замена отдельных блоков преобразователя.

I9.I0. В работе по защите подземных энергетических сооружений от коррозии службы должны руководствоваться картой коррозионно-опасных зон, составленной на основании:

- анализа грунтов и данных обследования коррозионных повреждений подземных энергетических сооружений;
- результатов изысканий специализированных организаций;
- расположения действующих устройств защиты;
- анализа коррозионных повреждений.

I9.II. Потенциалы вдоль подземных энергетических сооружений следует измерять по медносульфатному электроду сравнения в контрольно-измерительных пунктах. По средним значениям должны быть построены потенциальные диаграммы, по которым разрабатываются мероприятия по защите от коррозии.

I9.I2. Сопротивление анодного заземления (заземлений) и защитного заземления следует измерять не реже одного раза в год.

20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

20.I. Годовой экономический эффект следует определять на основании сопоставления приведенных затрат на I км подземного энергетического сооружения без защиты от коррозии и с применением защиты от коррозии.

20.2. Приведенные затраты П определяются по формуле

$$П = С + E_н K, \qquad (20.I)$$

где $С$ - ежегодные эксплуатационные затраты, руб.;

$E_н$ - нормативный коэффициент эффективности, $E_н = 0,I5$;

K - капитальные затраты, руб.

20.3. Годовой экономический эффект $Э$ от применения электрохимической защиты определяется по формуле

$$Э = (П_{б.з}\beta + \frac{С_{б.з} - С_{э.з}}{P_2' + E_п} - П_{э.з})\ell_э , \qquad (20.2)$$

где $П_{б.з}$ и $П_{э.з}$ - приведенные затраты на I км подземного энергетического сооружения без защиты и с защитой от коррозии, руб.год/км;

$С_{б.з}$ и $С_{э.з}$ - ежегодные эксплуатационные затраты без защиты и с защитой от коррозии, руб.(при определении $С_{б.з}$ и $С_{э.з}$ учитывается только часть амортизационных затрат, предназначенная на капитальный ремонт подземного энергетического сооружения);

$\ell_э$ - длина защитной зоны, км;

β - коэффициент учета изменения сроков службы подземного сооружения в результате применения защиты от коррозии

$$\beta = \frac{(P_1 + E_н)}{P_2 + E_н} , \qquad (20.3)$$

где P_1 и P_2 - доля отчислений от балансовой стоимости подземного энергетического сооружения на его полное восстановление без защиты и с защитой от коррозии

$$P_1 = I/T_{ср} , \qquad (20.1)$$

$$P_2 = I/T_н , \qquad (20.5)$$

где $T_{ср}$ - срок службы подземного энергетического сооружения без защиты от коррозии;

$T_н$ - нормативный срок службы подземного энергетического сооружения.

21. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

21.1. Присоединение преобразователей к источникам питания должно производиться бригадой в составе не менее двух человек с оформлением работ согласно действующим правилам.

21.2. Все работы на подстанциях и других энергетических объектах должны осуществляться в присутствии персонала подстанции.

21.3. Земляные работы в зоне прохождения кабелей допускаются только в присутствии представителя кабельной сети.

21.4. Персонал, выполняющий работы по защите подземных энергетических сооружений от коррозии, должен быть обучен безопасным методам работы, пройти инструктаж и сдать экзамен в объеме соответствующих документов, утвержденных в установленном порядке.

В случае нарушения правил безопасности должна производиться внеочередная проверка знаний.

21.5. Персонал должен быть информирован о степени токсичности транспортируемых веществ и способах защиты от их воздействия и мерах оказания первой помощи.

21.6. Корпуса устройств защиты от коррозии, подключенные к сети переменного тока, должны быть заземлены в соответствии с требованиями ПУЭ.

21.7. Шурфы на действующих подземных энергетических сооружениях следует отрывать только при получении письменного разрешения эксплуатирующих организаций.

21.8. Запрещается работать на участках, где наблюдается утечка газа, нефти, нефтепродуктов, горячей воды.

21.9. При электрических измерениях в колодцах необходимо учитывать возможность их загазованности, поэтому необходимо соблюдать правила техники безопасности, предусмотренные для газопроводных колодцев.

21.10. Измерения, требующие спуска работника в колодец, должны производить не менее трех человек при соблюдении соответствующих инструкций, при этом двое из них должны быть на поверхности земли.

2I.II. В течение всего периода обслуживания установки катодной защиты должно быть отключено напряжение питающей сети, а на отключающихся аппаратах должны быть установлены соответствующие плакаты.

2I.I2. Измерения на рельсовых путях электрифицированного транспорта должны производиться двумя лицами, одно из которых должно следить за движением траспорта.

2I.I3. Установки катодной защиты должны иметь предупредительные надписи и плакаты и закрываться на замок.

2I.I4. Запрещается выполнение каких-либо работ на токоведущих частях устройств катодной защиты, находящихся под напряжением.

Это требование не относится к устройствам протекторной защиты.

Приложение I

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СПОСОБА ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕТОКОВ МЕЖДУ ПОДЗЕМНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

I. Способ измерения перетоков между подземными сооружениями заключается в измерении разности потенциалов между этими подземными сооружениями и компенсации ее с помощью дополнительных источников тока. На рис.III.I приведена схема измерения перетоков между подземными сооружениями.

Многоканальный преобразователь I присоединен к подземному сооружению 2 и анодному заземлению 3А. Регулируемые источники тока 3 (I2 В, I0 А) включены последовательно с амперметрами между подземными сооружениями, параллельно цепи которых включен вольтметр.

2. Измерение перетоков между подземными сооружениями выполняется компенсационным методом.

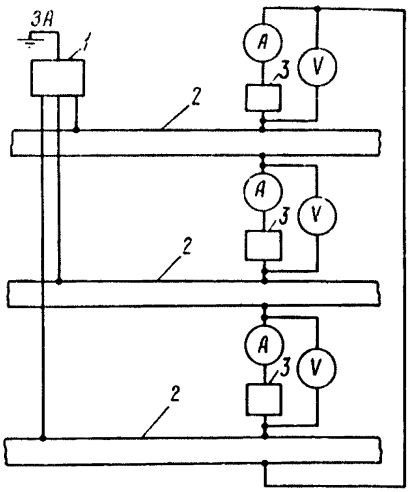


Рис.III.I. Схема измерения перетоков между подземными сооружениями различного назначения:

I - преобразователь катодной защиты ОЧАПБ/IO; 2 - подземное сооружение; 3 - регулируемый источник постоянного тока; ЗА - анодное заземление

Приложение 2

ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

I. Энергетические управления являются заказчиками проектирования и строительства катодной защиты магистральных теплосетей и других трубопроводов, магистральных и распределительных водоводов, электрических кабелей 35-500 кВ, производят проверку качества изоляции с обязательной проверкой ее диэлектрических свойств, измерения потенциалов на подземных энергетических сооружениях, и испытания трубопроводов теплосети повышенным давлением, осуществляют эксплуатацию устройств катодной защиты, находящихся на их балансе.

2. Проектные организации должны нести ответственность за техническую и экономическую целесообразность и качество проекта защиты подземных энергетических сооружений от коррозии, за правильность определения сметной стоимости строительства катодной защиты.

3. Заказ на проектирование подземных энергетических сооружений должен выдаваться одновременно с заказом на проектирование защиты от коррозии.

4. Для осуществления защиты находящихся в эксплуатации подземных энергетических сооружений разрабатываются проекты в объеме, указанном в разд.7.

5. Работы по строительству и ремонту устройств катодной защиты, должны выполняться в соответствии с требованиями действующих Правил производства работ.

6. Заказчик и эксплуатационные организации энергетических управлений обязаны осуществлять технический надзор, а проектные организации надзор за работами по строительству катодной защиты в соответствии с существующим общим положением.

7. Основанием для пуска и регулирования устройств катодной защиты должен являться заказ владельца подземного энергетического сооружения при наличии акта приемки строительно-монтажных работ (в наладку), актов скрытых работ и исполнительной документации.

8. Дополнительные мероприятия по катодной защите, необходимость проведения которых выявлена в процессе пусконаладочных работ, должны разрабатываться проектной организацией в порядке и в сроки, установленные по согласованию с заказчиком.

9. Дополнительные строительные работы должны выполняться подрядными организациями, осуществляющими работы по катодной защите за счет средств заказчика.

10. Эксплуатационные службы должны представлять ежемесячно в технический отдел энергетических управлений сведения (акты) о всех происшедших авариях вследствие коррозии.

11. Плановый и капитальный ремонт устройств катодной защиты, соединительных кабелей катодной защиты, находящихся на балансе энергетических управлений, должны выполнять службы этих управлений. Получение разрешения на право выполнения работ производится в установленном порядке.

Приложение 3

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОЧАП6/I0

I. Автоматический преобразователь катодной защиты ОЧАП6/I0 обеспечивает практически все режимы работы катодной защиты, а именно:

- поддержание заданного защитного потенциала на подземном сооружении;
- поддержание заданного значения защитного тока;
- параллельную работу каналов преобразователей, когда защитные токи превышают максимально допустимый ток одного канала;
- поддержание разности потенциалов между подземными сооружениями в точке дренажа не более 0,I В;
- включение преобразователя без бросков тока.

2. Преобразователь состоит из следующих функциональных узлов: силового питающего трансформатора (Тр), блока силовых тиристоров с устройством управления (БСТУ), блока общих устройств (БОУ), блока коммутационной аппаратуры (БКА).

Преобразователь выполнен в металлическом шкафу с передней дверью, снабженной замками, и предназначен для стационарной установки.

На лицевой панели каждого БСТУ установлены: органы управления блоком и индикатор тока нагрузки.

На лицевой панели БОУ установлены органы управления преобразователем и индикатор напряжения.

На лицевой панели БКА установлены органы управления коммутационной аппаратурой.

3. Питание преобразователя осуществляется от сети переменного тока частотой 50 ± I Гц и напряжением 220 ± 20% В.

Мощность, потребляемая преобразователем, не должна превышать I0 кВ·А при питании от трансформатора I0 кВ·А, подключенного к ВЛ 6-I0 кВ.

Максимальная выходная мощность преобразователя при номинальном напряжении питания не менее 8 кВт при питании от трансформатора I0 кВ·А, подключенного к ВЛ 6-I0 кВ, и не менее I0 кВт при питании от трансформатора, подключенного к сети 220 В.

Число каналов преобразователя равно шести. Допускается параллельная работа каналов преобразователя.

Среднее значение выпрямленного напряжения на выходе каждого канала при номинальной нагрузке составляет (48 ± 2) В.

Максимальный выпрямленный ток всех каналов преобразователя не более 186 А при питании от распределительной сети, не более 167 А при питании от трансформатора 10 кВ·А. Номинальный ток каждого канала не менее 31 А.

Выходной ток каждого канала регулируется в пределах от 2 до 31 А.

Преобразователь обеспечивает на выходе каждого канала двухполупериодную форму тока.

Коэффициент полезного действия преобразователя не менее 0,8.

Уставка защитного потенциала регулируется плавно в пределах от 0,3 до 2,5 В. Точность поддержания защитного потенциала ±50 мВ. Наработка на отказ преобразователя должна быть не менее 8000 ч. Средний срок службы до среднего (капитального) ремонта должен быть не менее шести лет.

4. Электрическое сопротивление изоляции между гальванически не связанными токоведущими цепями преобразователя, а также между ними и корпусом преобразователя в нормальных климатических условиях испытаний по ГОСТ 15150-69 должно быть не менее 10 МОм.

5. Электрическая прочность изоляции токоведущих цепей преобразователя должна обеспечивать относительно корпуса отсутствие пробоя или перекрытия изоляции при подаче в течение 1 мин испытательного напряжения переменного тока частоты 50 Гц значениями: 1500 В для цепей питания, 500 В для входных и выходных цепей.

6. По защищенности от воздействия климатических факторов внешней среды преобразователь должен соответствовать исполнению У категории 1 (ГОСТ 15150-69), для работы при температуре окружающего воздуха от минус 45 до плюс 45°С и верхнем значении относительной влажности воздуха не более 98% при температуре плюс 25°С и более низких температурах без конденсации влаги.

7. Преобразователь имеет следующие габаритные размеры (ГОСТ 10985-80): высота - 1600 мм; ширина - 800 м, глубина - 600 м.

8. На рис.П3.1 показана структурная схема преобразователя с учетом подключения его к защищаемым объектам.

Блок коммутационной аппаратуры 1 предназначен для подведения питающих и синхронизирующих напряжений к остальным блокам преобразователя.

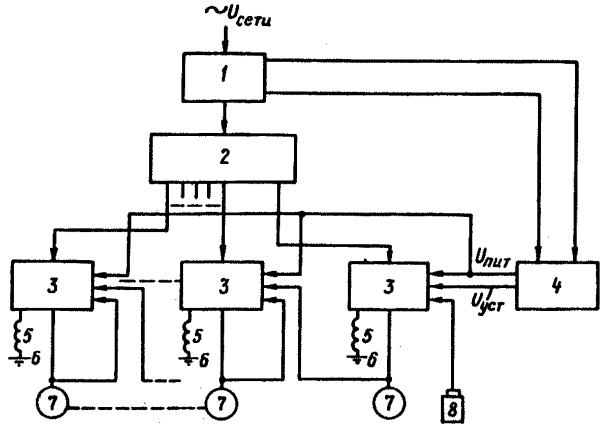


Рис.П3.I. Структурная схема преобразователя ОЧАП6/I0:
I - блок коммутационной аппаратуры БКА; 2 - трансформатор; 3 - блок силовых тиристоров с устройством управления БСТУ; 4 - блок общих устройств БОУ; 5 - реактор; 6 - анодное заземление; 7 - подземное сооружение; 8 - электрод сравнения

Блок силовых тиристоров с устройством управления 3 предназначен для формирования заданного значения защитного тока подземного сооружения и индикации его значения.

Блок общих устройств 4 предназначен для обеспечения питания постоянным током БСТУ, формирования общего для всех БСТУ опорного пилообразного напряжения, осуществления поочередной работы управляемых источников тока катодной защиты при их параллельной работе, симметрирования полуволн потребляемого тока в первичной обмотке силового трансформатора, задания уставки защитного потенциала, индикации напряжений уставки, защитного потенциала, а также выходного напряжения каждого из шести каналов преобразователя.

Силовой питающий трансформатор 2 служит для питания управляемых источников защитного тока шести каналов, расположенных в БСТУ

Реакторы 5, включенные на выходе каждого канала, служат для защиты оборудования преобразователя от импульсных напряжений, например от грозовых перенапряжений.

Выходы каждого БСТУ соединены соответственно с подземными сооружениями 7 и анодными заземлениями 6.

Для поддержания заданного защитного потенциала на защищаемом подземном сооружении ко входу БСТУ подключен электрод сравнения 8.

Для выравнивания потенциалов между подземными сооружениями последние соединены попарно соответственно с БСТУ.

Приложение 4

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

I. Разделительное устройство предназначено для катодной защиты оболочек силовых электрических кабелей различных классов напряжений, но может быть также использовано для защиты другого энергетического оборудования.

2. Разделительное устройство катодной защиты позволяет:

- соединить оболочку кабеля с заземляющим устройством перемычкой в виде шунта, сопротивление которого не превышает сотых долей ома;

- устранить ответвление защитного тока, служащего для поддержания защитного потенциала на оболочке кабеля в заземляющее устройство, тем самым не увеличивать значение тока катодной защиты;

- обеспечить условия электробезопасности при эксплуатации электрического кабеля;

- обеспечить защиту от коррозии подземных сооружений различных назначений, связанных с заземляющим устройством различных объектов.

3. Разделительное устройство катодной защиты обеспечивает безопасную эксплуатацию высоковольтного кабеля (или другого энергетического оборудования) при сохранении зоны катодной защиты, устраняет протекание защитного тока через заземляющее устройство.

4. Схема разделительного устройства катодной защиты электрического кабеля показана на рис.П4.I.

Оболочка электрического кабеля 2 соединена с отрицательным полюсом управляемого источника тока I, соединенного с блоком управления 3 и анодным заземлением 3А. Оболочка электрического кабеля 2 соединена с заземляющим устройством через резисторный шунт 4 (сопротивление шунта не превышает сотых долей ома), параллельно которому через индуктивность 5 соединен дополнительный управляе-

мый источник тока 6, управляемый вход которого соединен с блоком управления 3 управляемого источника тока I.

При нормальном режиме, т.е. при отсутствии нарушений в ра-

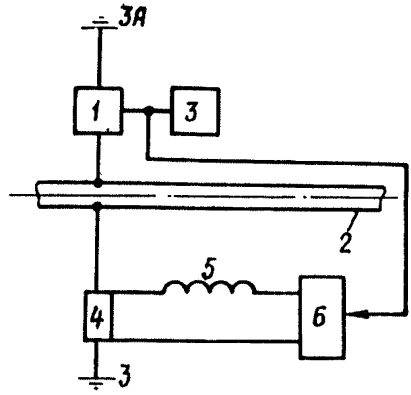


Рис.П4.I. Схема разделительного устройства катодной защиты электрического кабеля: I - управляемый источник тока; 2 - электрический кабель; 3 - блок управления; 4 - резисторный шунт; 5 - индуктивность; 6 - дополнительный управляемый источник тока; 3 - заземляющее устройство; ЗА - анодное заземление

боте кабеля, станция катодной защиты обеспечивает на оболочке кабеля 2 заданный защитный потенциал. На зажимах резисторного шунта 4, подключенного между оболочкой кабеля 2 и заземляющим устройством, с помощью дополнительного источника тока 6 формируется напряжение, практически равное по значению заданному защитному потенциалу на оболочке электрического кабеля. Для устранения перетоков между управляемым источником тока I и дополнительным источником тока 6 осуществляется связь цепи управления дополнительного источника тока 6 с блоком управления 3 управляемого источника тока I. В таком случае имеет место соединение оболочки кабеля 2 через незначительное сопротивление около 0,0I-0,03 Ом с заземляющим устройством, обеспечивающее безопасное обслуживание электрического кабеля 2.

Индуктивность 5, включенная последовательно с дополнительным источником тока 6, препятствует проникновению напряжения переменного тока на вход этого источника как в нормальных режимах работы, так и в переходных - при КЗ кабеля на землю.

В аварийных режимах, при КЗ в кабеле, ток КЗ с оболочки электрического кабеля 2 протекает через шунт с малым сопротивлением в заземляющее устройство.

Приложение 5

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР ВЛ

I. Сопротивление свайных и грибовидных фундаментов ВЛ определяется по формуле

$$R = \frac{\rho_2}{H} K_f , \qquad (П5.I)$$

где ρ_2 - удельное сопротивление нижнего слоя грунта, Ом·м;
H - глубина заложения фундамента, м;
K_f - коэффициент формы (определяется по кривым рис.П5.I - П5.I7.).

2. При протекторной защите от коррозии восьмисвайных фундаментов расчет сопротивления фундаментов следует производить, как для четырехсвайного фундамента, при этом сопротивление восьмисвайного фундамента в два раза меньше, чем четырехсвайного.

3. Ниже приведен пример расчета сопротивления заземления четырехсвайного фундамента башенной опоры.

Удельное сопротивление верхнего слоя грунта ρ_1 = 300 Ом·м, удельное сопротивление подстилающего слоя ρ_2 = 5 Ом·м, толщина верхнего слоя h = 0,6 м.

Глубина заложения (длина сваи) в грунте H = 3 м, сечение связи 0,3 х 0,3 м, сваи расположены по квадрату B = C = 3 м.

Определяем соотношения:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = 60; \quad \frac{h}{H} = \frac{0,6}{3,0} = 0,2; \quad \frac{B}{C} = \frac{3}{3} = I,0;$$

$$\frac{B}{H} = \frac{3}{3} = I,0; \quad \frac{a}{H} = \frac{0,3}{3,0} = 0,I.$$

По кривым (см.рис.П5.2) определяем K_f = 0,38, следовательно, сопротивление фундамента

$$R = \frac{5}{3,0} \cdot 0,38 = 0,63 \text{ Ом}.$$

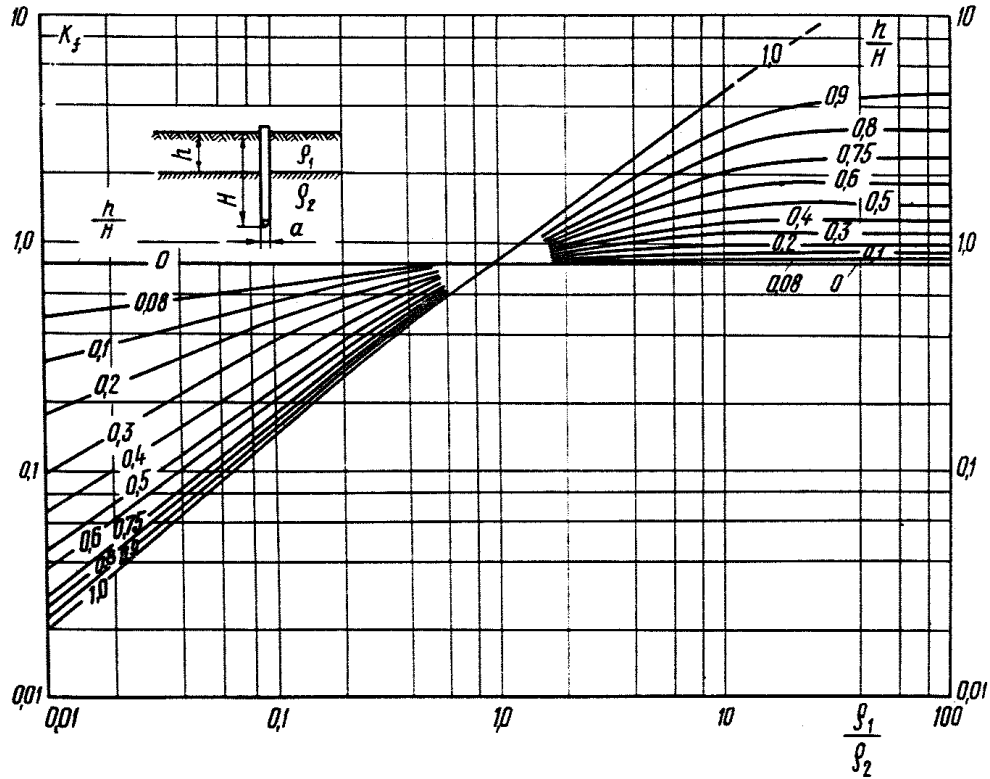
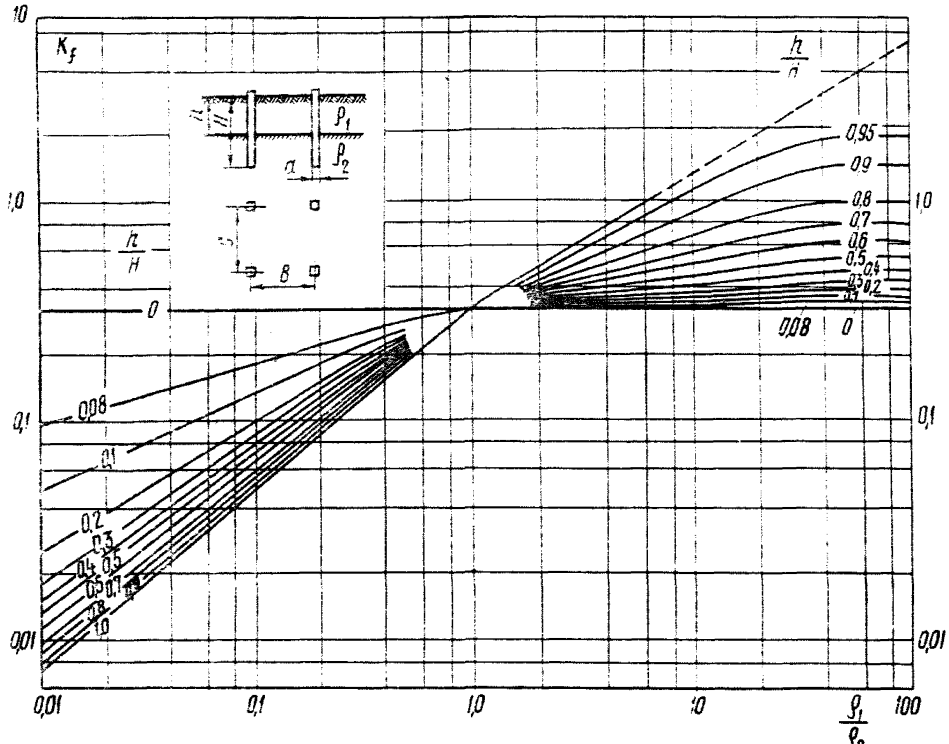


Рис.П5.I. Кривые зависимости коэффициента формы одиночного свайного фундамента опоры, используемого в качестве естественного заземлителя



с. П5.2. Кривые зависимости коэффициента формы свайного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя

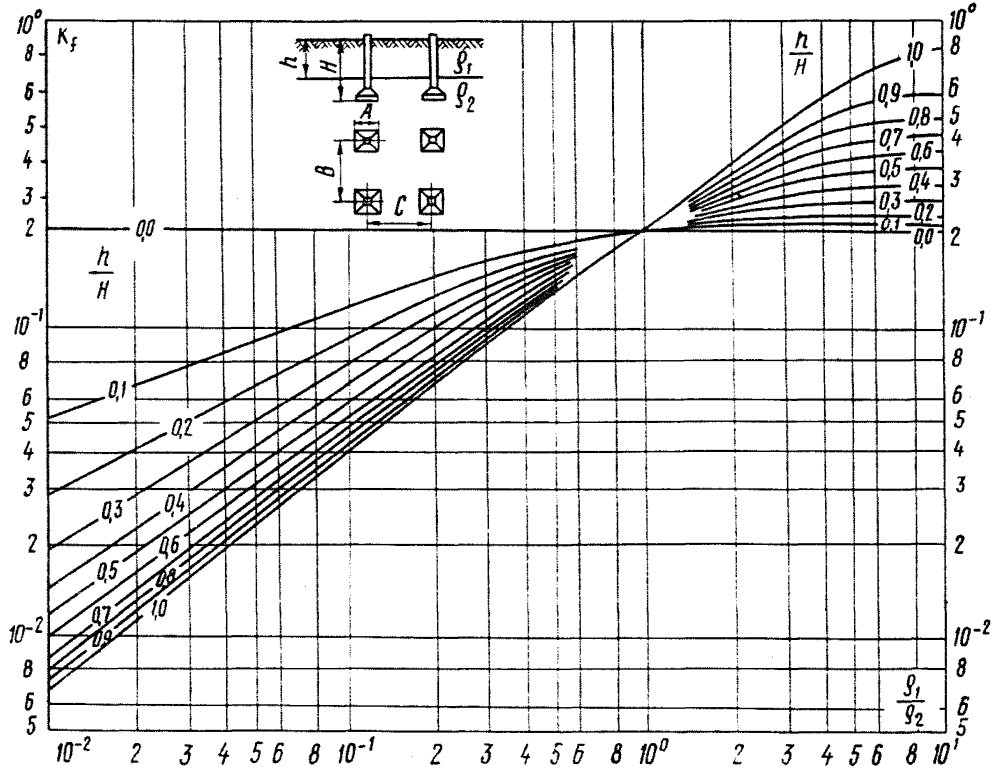


Рис.П5.3. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=1,6;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,4$

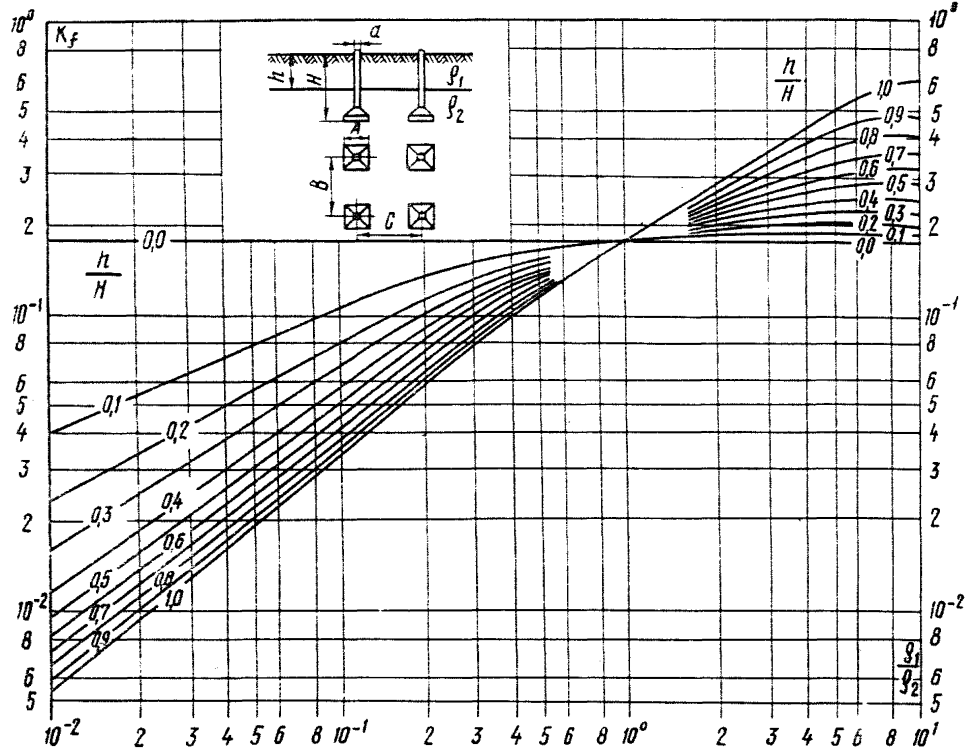


Рис.П5.4. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{h}=1,6;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,6$

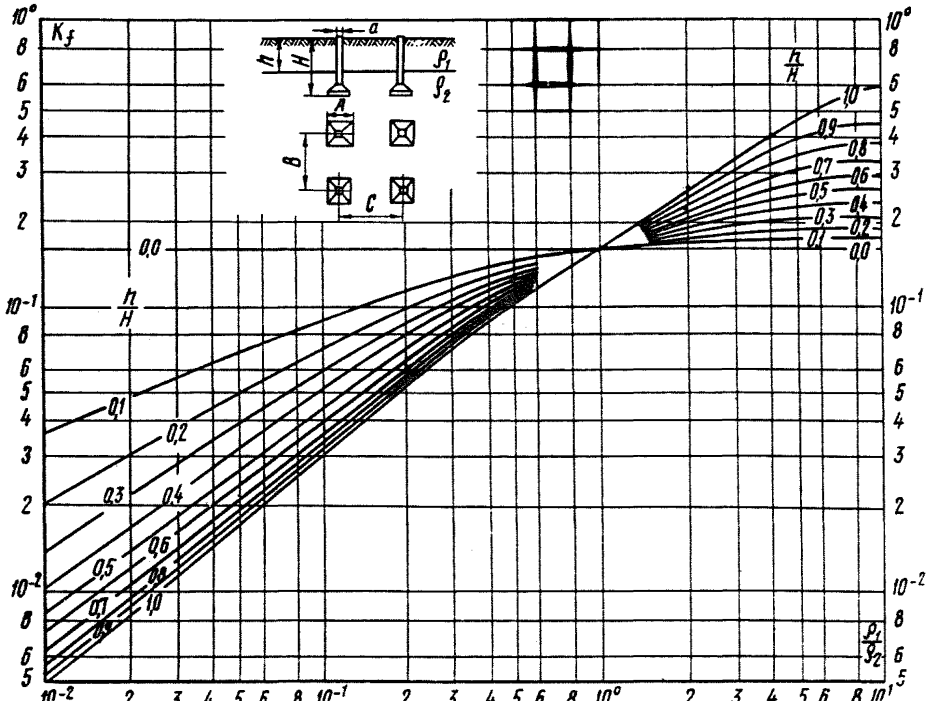


Рис.П5.5. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=1,6;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,8$

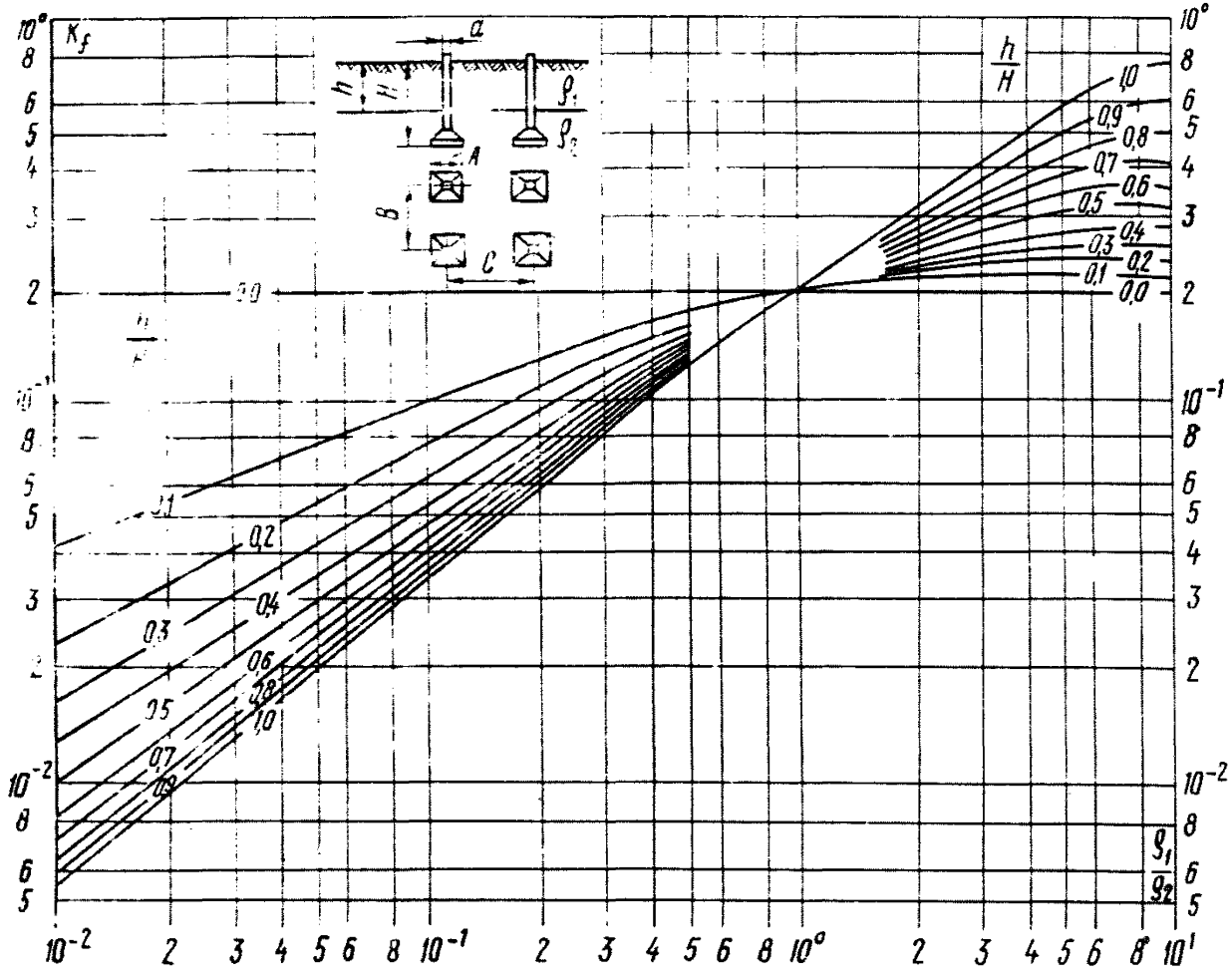


Рис.П5.6. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=2,0;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,4$

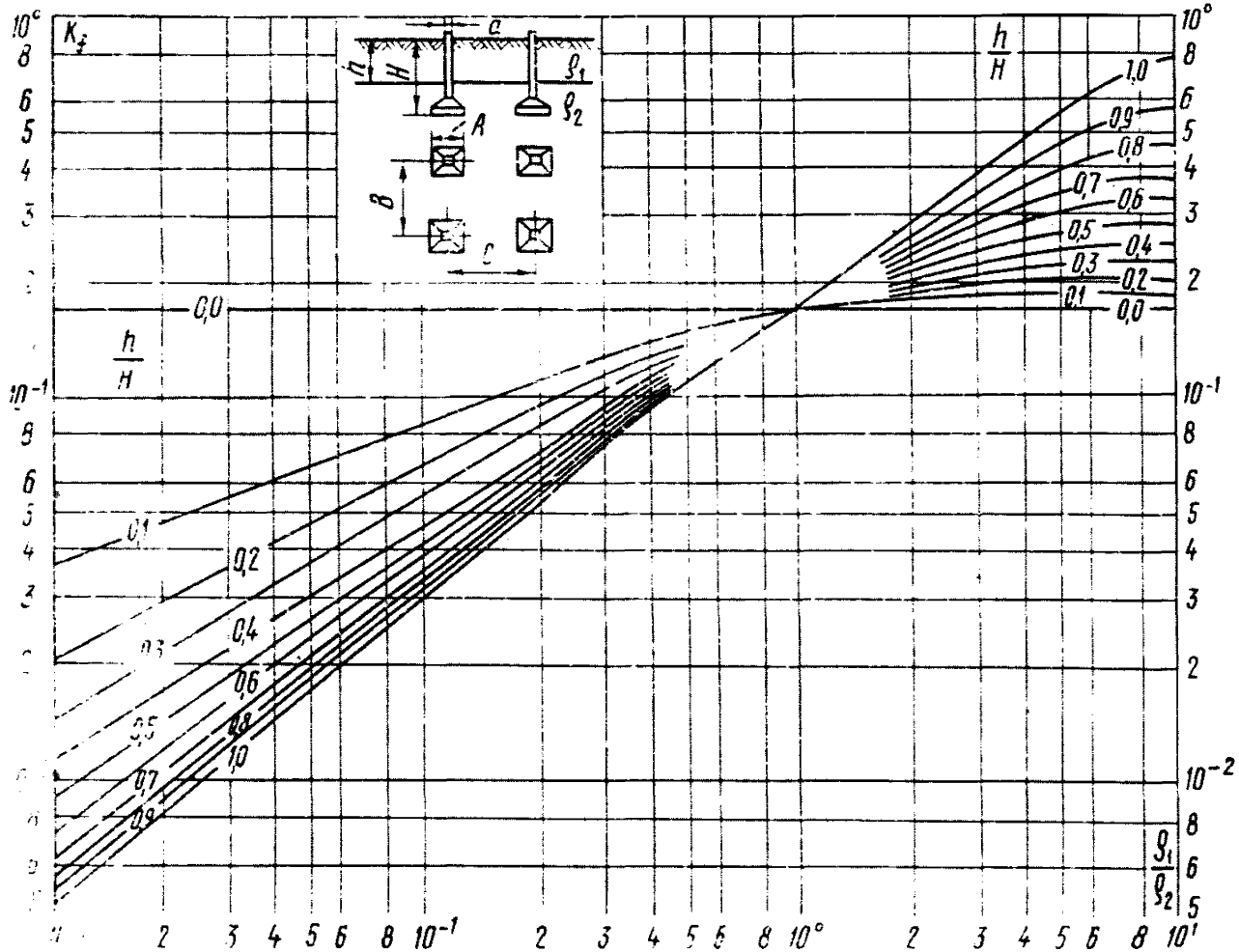


Рис. 5.7. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{b}{c}=1,0;\ \frac{b}{H}=2,0;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{d}{H}=0,6$

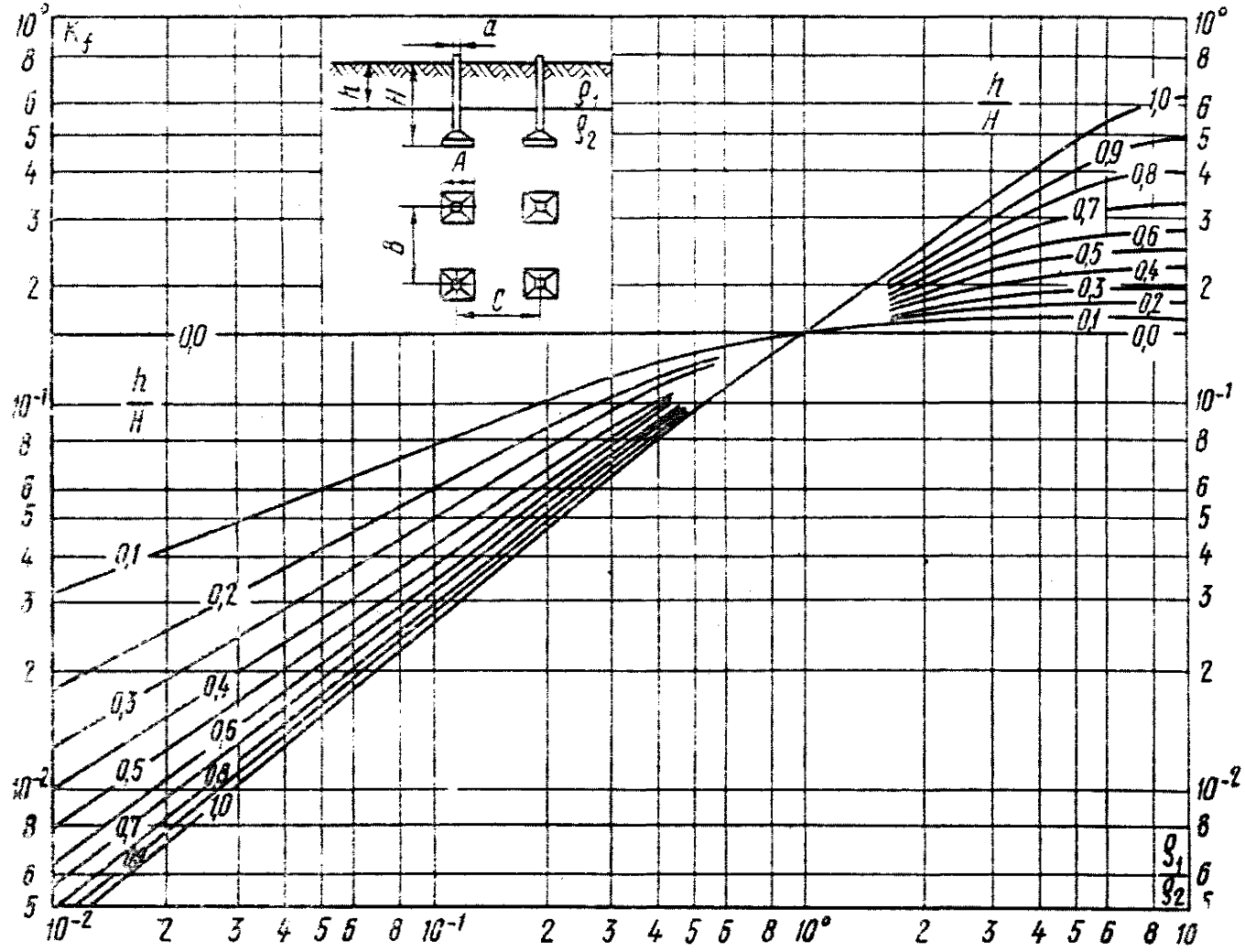


Рис.П5.8. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=2,0;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,8$$

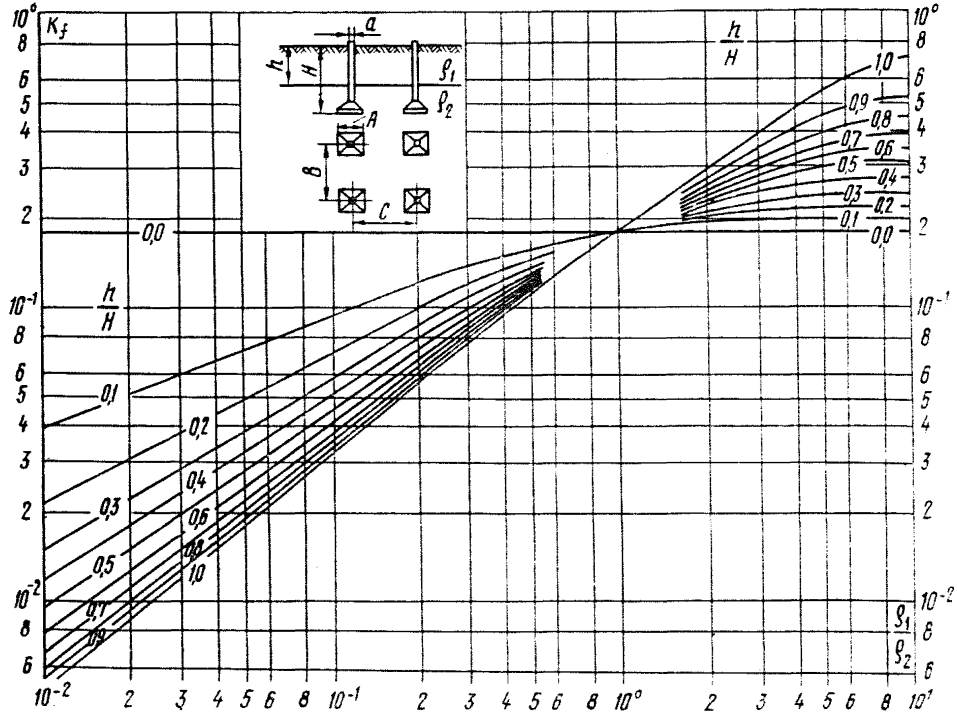


Рис.П5.9. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=2,3;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,4$$

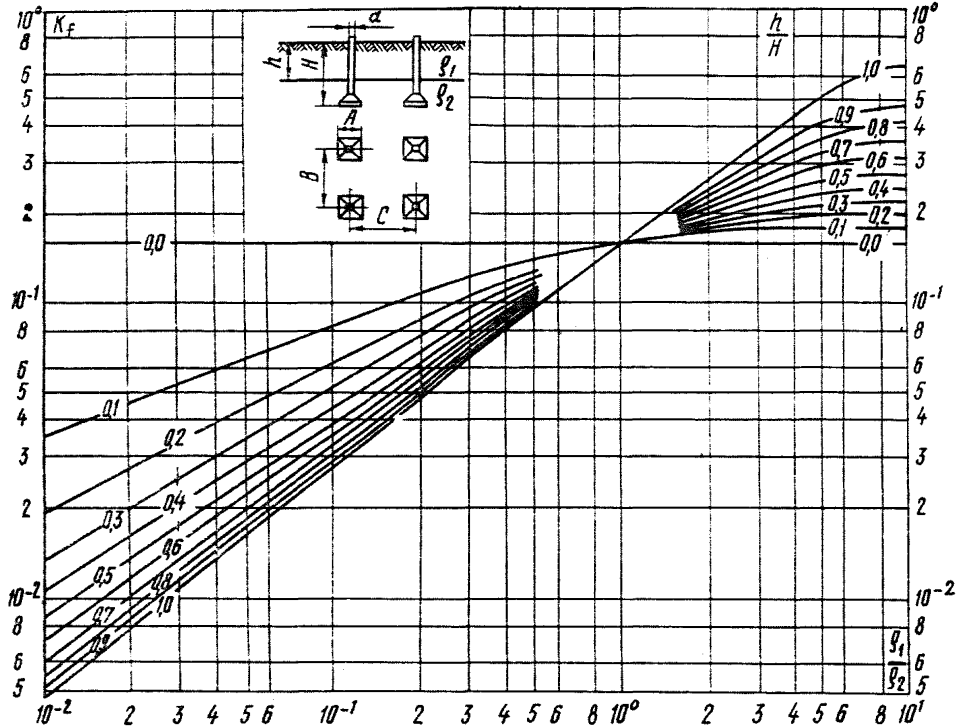


Рис.П5.10. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$$\frac{B}{C} = 1,0;\ \frac{B}{H} = 2,3;\ \frac{a}{H} = 0,1;\ \frac{A}{H} = 0,6$$

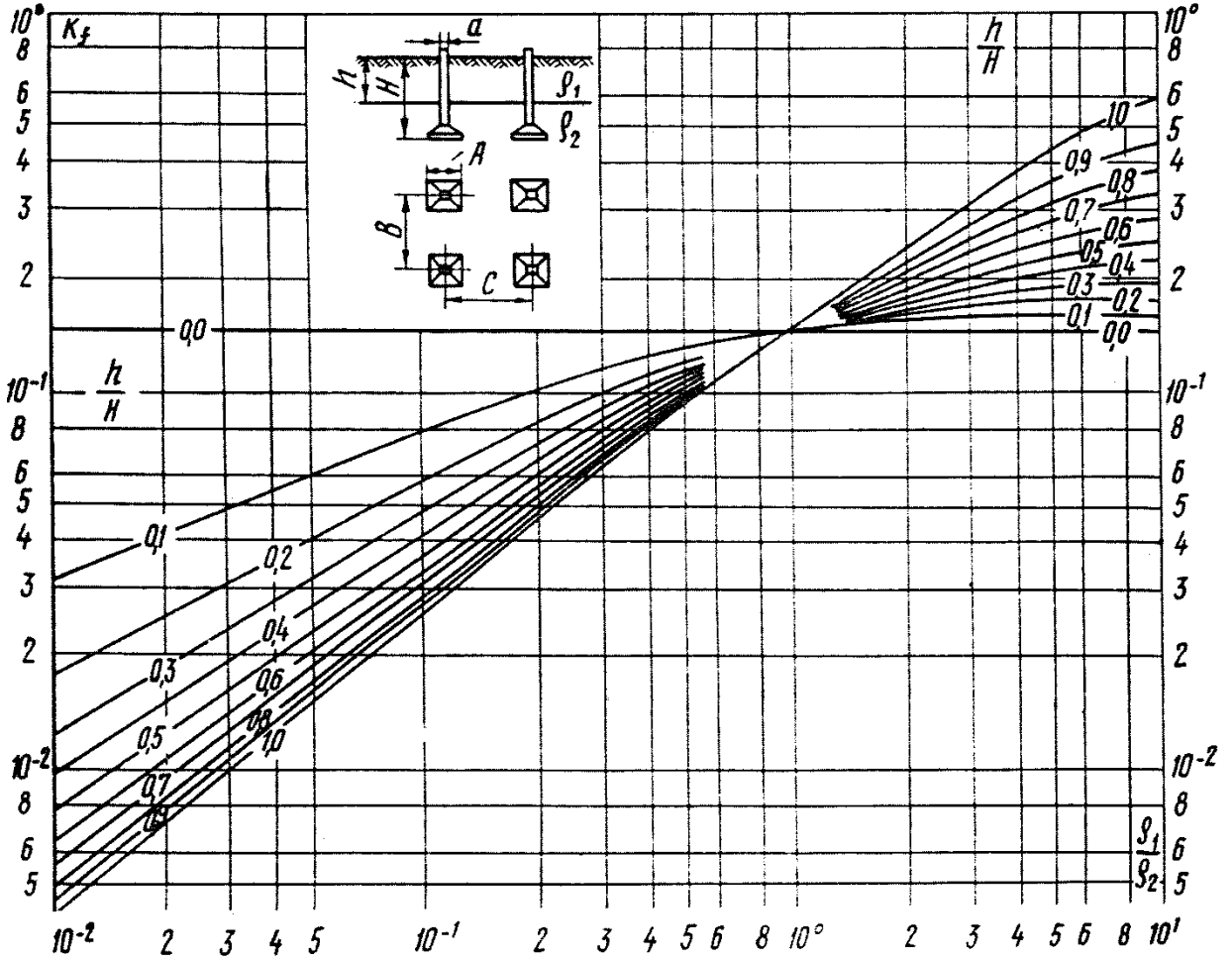


Рис.ПБ.II. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0$; $\frac{B}{H}=2,3$; $\frac{a}{H}=0,1$; $\frac{a}{H}=0,8$

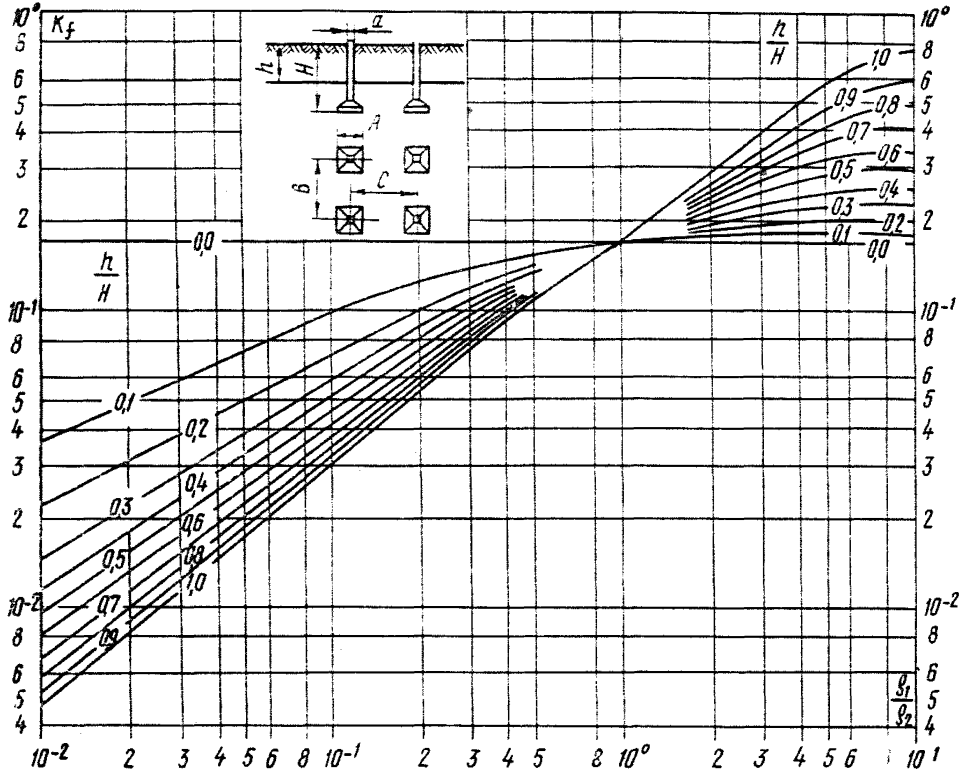


Рис.П5.12. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента оттяжной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{3}{H}=2,6;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,4$

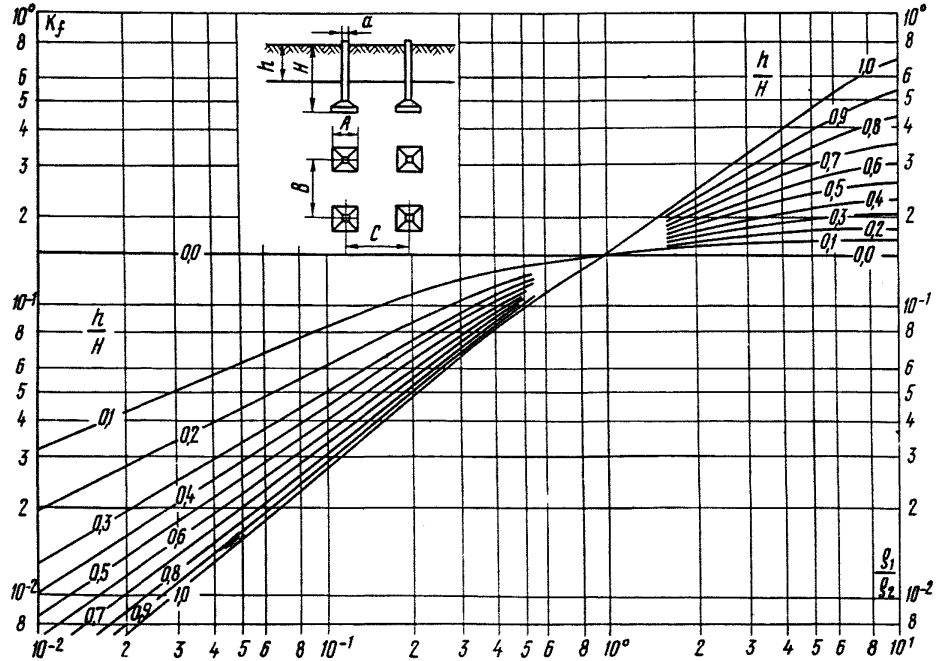


Рис.П5.13. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$$\frac{B}{C}=1{,}0;\ \frac{B}{H}=2{,}6;\ \frac{a}{H}=0{,}1;\ \frac{A}{H}=0{,}6$$

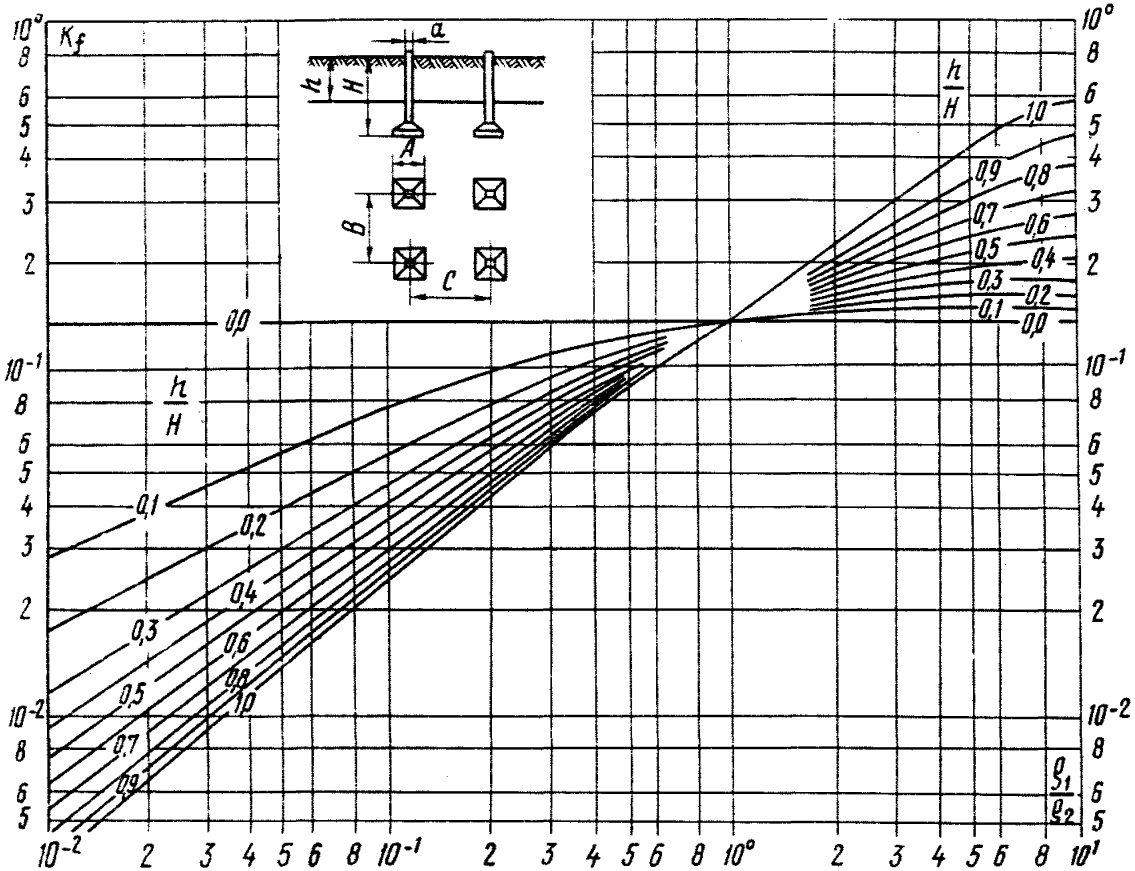


Рис.П5.14. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=2,6;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,8$

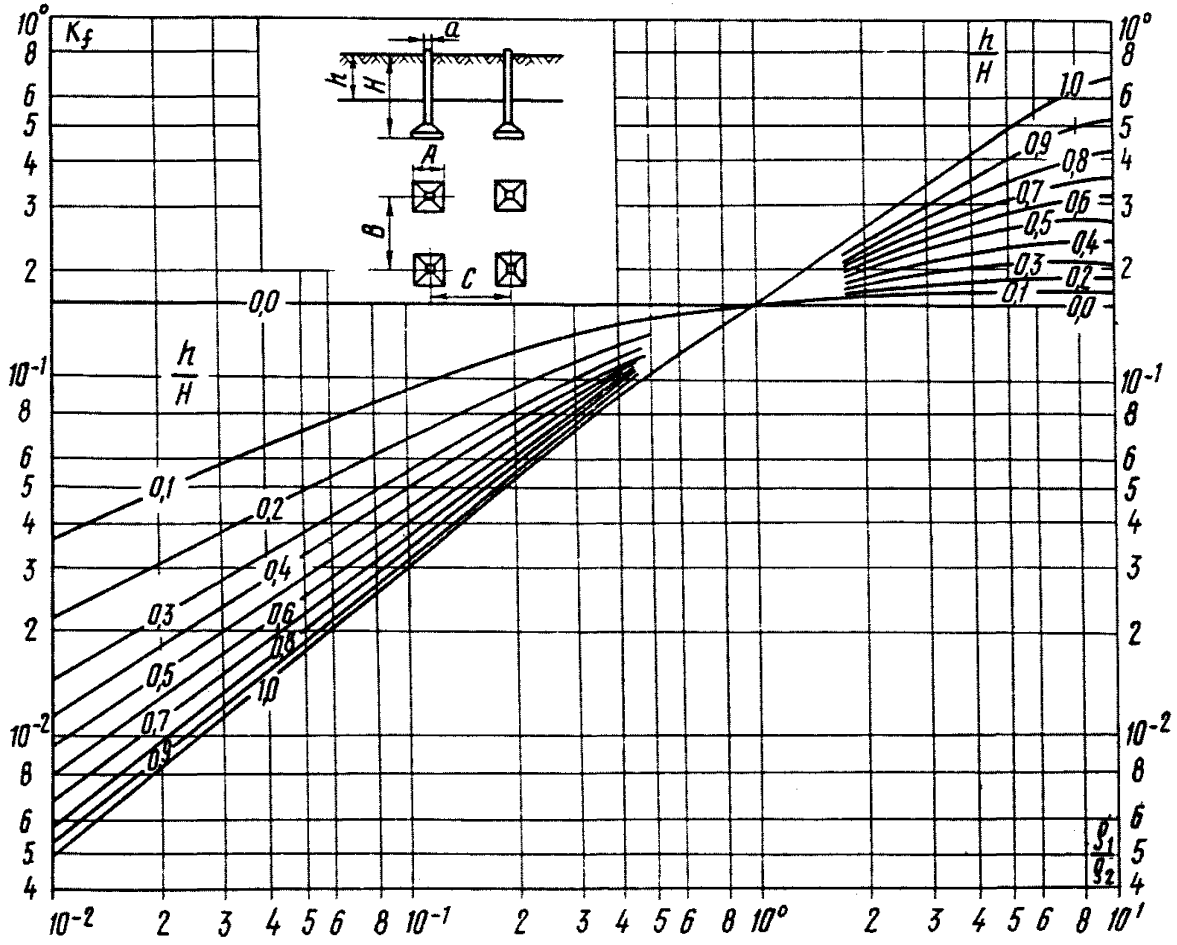


Рис.П5.15. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{B}{H}=2,9;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,4$

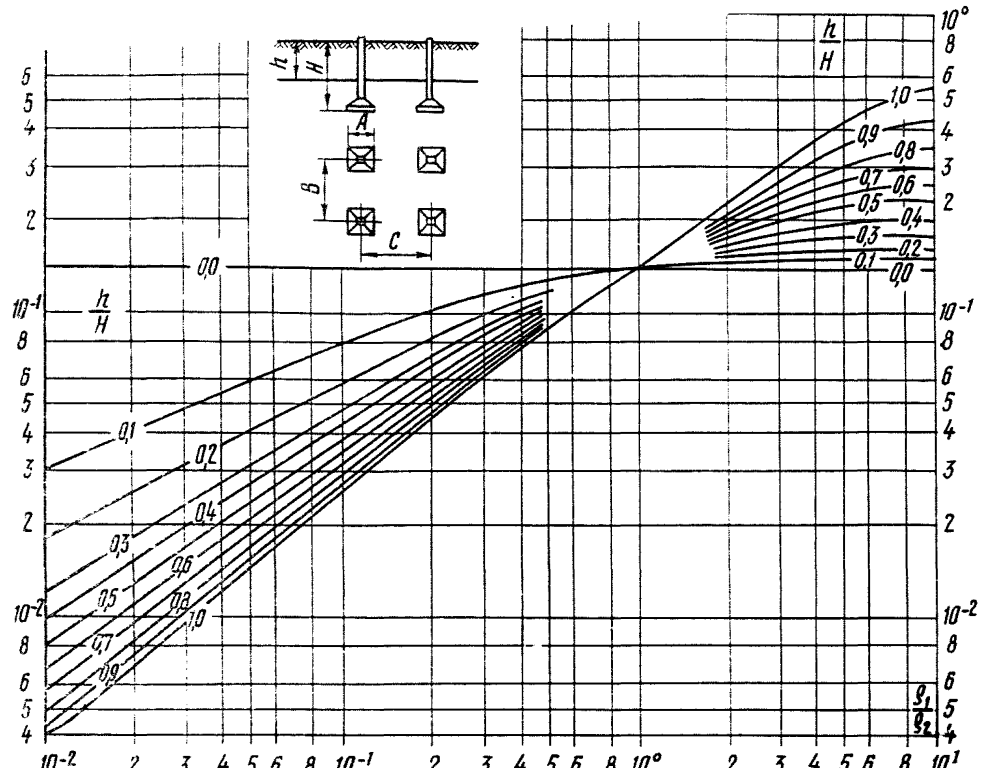


Рис.П5.16. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$\frac{B}{C}=1,0;\ \frac{E}{H}=2,9;\ \frac{a}{H}=0,1;\ \frac{A}{H}=0,6$

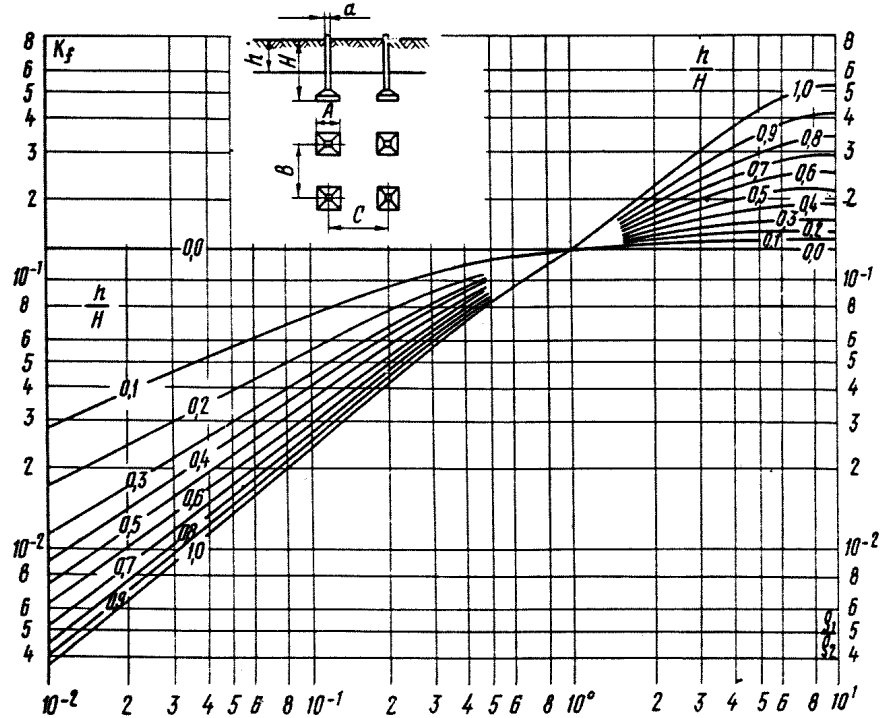


Рис.П5.17. Кривые зависимости коэффициента формы грибовидного фундамента башенной опоры, используемого в качестве естественного заземлителя:

$$\frac{B}{C}=1{,}0;\ \frac{B}{H}=2{,}9;\ \frac{a}{H}=0{,}1;\ \frac{A}{H}=0{,}8$$

При защите арматуры фундаментов опоры ВЛ сопротивление группы протекторов должно быть менее 0,63 Ом исходя из условия (I6.2).

4. Ниже приведен пример расчета катодной защиты арматуры фундамента опоры ВЛ с помощью протекторов.

Сопротивление грунта верхнего ρ_1 и нижнего слоя ρ_2 равно I0 Ом.м.

Глубина заложения фундамента равна 2,0 м.

В соответствии с приложением 5 K_f = 0,29.

Сопротивление фундамента определяется по формуле

$$R = \frac{\rho_2}{H} K_f = \frac{I0}{2,0} \cdot 0,29 = I,45 \text{ Ом}.$$

Определяем сопротивление протектора, заложенного вертикально в грунт с указанным выше удельным сопротивлением. Следует учесть, что ввиду малой длины протектор всегда практически находится в однородном грунте с удельным сопротивлением ρ_2, глубина закладки протектора 2,0 м.

Для защиты арматуры от коррозии выбираем магниевый протектор ПМ-20У, параметры которого даны в табл.I6.I и I6.2.

Определяем сопротивление протектора по формуле (I6.3)

$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell}\left(\ell n \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ell n \frac{4h+\ell}{4h-\ell} + \frac{\rho_a}{\rho} \ell n \frac{d_a}{d}\right) =$$

$$= \frac{I0}{6,28 \cdot 0,9}\left(\ell n \frac{I,8}{0,I5} + \frac{I}{2} \ell n \frac{2+0,9}{2-0,9} + \frac{I,6}{I0} \ell n \frac{0,24}{0,I5}\right) =$$

$$= I,77\ (2,48 + 0,18 + 0,I6 \cdot 0,47) = 5,36 \text{ Ом}.$$

Чтобы соблюдалось условие (I6.2), необходимо для защиты арматуры каждого из фундаментов не менее четырех протекторов, в этом случае сопротивление двух протекторов в соответствии с (I5.3) и (I5.4) составит

$$R_n = \frac{R\ (I + 0,02N)}{N} = \frac{5,36\ (I + 0,02 \cdot 4)}{4} = I,440 \text{ Ом},$$

т.е. выполняется условие (I6.2)

$$R \leq R_n .$$

Определяем защитный ток каждого фундамента по формуле (I6.I)

$$I_{п} = \frac{\Delta U}{R_{п} + r_{пр} + R_{вх}} = \frac{I,0}{I,44 + I,45} = 0,35 \text{ А}.$$

Таким образом, общий защитный ток арматуры фундамента ВЛ от коррозии составит

$$I_{об} = 0,35 \cdot 4 = I,4 \text{ А}.$$

Определяем срок службы каждого протектора по формуле (I6.5)

$$T = 0,I2 \cdot \frac{20}{0,35} = 7 \text{ лет}.$$

Размещение протекторов следует производить, как указано на рис.I6.2. В данном случае нагрузка током протектора обеспечивает срок службы менее I0 лет.

Для того, чтобы срок службы протекторов составлял 7 лет, необходимо увеличить их количество в I,5 раза, т.е. до 6 шт., тогда ток протектора

$$I_{п} = \frac{I_{об}}{N} = \frac{I,40}{6} = 0,23 \text{ А}.$$

Следовательно, срок службы составит

$$T = 0,I2 \cdot \frac{20}{0,23} = I0,4 \text{ года}.$$

Приложение 6

РАСЧЕТ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

I. Ниже приведен пример расчета защиты подземных энергетических сооружений электростанций и подстанций.

На территории электростанции размещены:

- магистральные теплосети диаметром I200 мм, длиной 600 м;
- водовод диаметром I200 м, длиной 400 м;
- подземные прокладки кабелей I0 кВ диаметром 80 мм, длиной 6000 м;
- подземные прокладки кабелей 220 кВ диаметром 250 мм, длиной I000 м;
- магистральные газопроводы диаметром 520 мм, длиной 800 м.

Удельное сопротивление грунта 20 Ом·м.

На территории электростанции размещена подстанция 220/II0/35/00 кВ с размерами распределительных устройств:

- РУ 220 кВ - I20х75 м;
- РУ II0 кВ - 60х75 м;
- РУ 35/I0 кВ - 35х75 м.

Сечение шин заземления $S_{ш}$ = 0,000I6 м^2.

2. Определяем токи катодной защиты подземных энергетических сооружений электростанции и подстанции:

Защитный ток магистральной теплосети определяется по формулам (8.I) и (8.7)

$$I_т = 2\pi r \ell (40 - 3{,}75 \ell n \rho/\rho_0) \cdot 10^{-3} =$$

= 6,28 · 0,6 · 600 (40 - 3,75 · 2,99) · 10^{-3} = 6,28 · 0,6 х х 600 (40 - II,23) · 10^{-3} = 65 А.

Защитный ток водовода находится по формулам (8.2) и (8.7)

$$I_в = 2\pi r \ell (30 - 3{,}75 \ell n \rho/\rho_0) \cdot 10^{-3} =$$

= 6,28 · 0,6 · 400 (30 - 3,75 ℓn 20) · 10^{-3} = 6,28 · 0,6 · 400 х х (30 - II,23) · 10^{-3} = 28,2 А.

Защитный ток кабелей I0 кВ определяется по формулам (8.3) и (8.7)

$$I_к = 2\pi r \ell (20 - 3{,}75 \ell n \rho / \rho_0) \cdot 10^{-3} =$$

$= I0^{-3} \cdot 6{,}28 \cdot 0{,}04 \cdot 6000 \ (20 - II{,}23) \cdot I0^{-3} = I3{,}3$ А.

Защитный ток кабелей высокого давления 220 кВ находится по формуле (8.8)

$$I_{к220} = 2\pi r \ell (28 - 3{,}75 \ell n \rho / \rho_0) \cdot 10^{-3} =$$

$= I0^{-3} \cdot 6{,}28 \cdot 0{,}I25 \cdot I000 \ (28 - II{,}23) \cdot I0^{-3} = I3{,}8$ А .

Защитный ток магистрального газопровода определяется по формулам (8.6) и (8.7)

$$I_г = 2\pi r \ell (26 - 3{,}75 \ell n \rho / \rho_0) \cdot 10^{-3} =$$

$= 6{,}28 \cdot 0{,}4 \cdot 800 \ (26 - II{,}23) = 29{,}6$ А.

3. Определяем токи катодной защиты заземляющего устройства подстанции 220/II0/35/I0 кВ:

Площадь РУ 220 кВ

$$S_{220} = I20 \times 75 = 9000 \text{ м}^2.$$

Площадь РУ II0 кВ

$$S_{II0} = 60 \times 75 = 4500 \text{ м}^2.$$

Площадь РУ 35/I0 кВ

$$S_{35/I0} = 35 \times 75 = 2625 \text{ м}^2.$$

Площадь всей подстанции

$$S = S_{220} + S_{110} + S_{35/10} = 9000 + 4500 + 2625 = I6I25 \text{ м}^2.$$

Коэффициент β определяем по формуле (9.4)

$$\beta = \frac{S^2}{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{S_i}{\sqrt{\beta_i}}\right)^2} = \frac{I6I25^2}{\left(\frac{9000}{\sqrt{0,II}}\right)^2 + \left(\frac{4500}{\sqrt{0,055}}\right)^2 + \left(\frac{2265}{\sqrt{0,0I75}}\right)^2} = 0,I7.$$

Линейная плотность тока определяется по формуле (9.7)

$$j = (1 - 0,05 \ln \rho/\rho_0) e^{-0,17} =$$

$= 0,85 \cdot 0,84 \cdot 0,0I26 = 0,0089$ А/м.

Защитный ток заземляющего устройства подстанции составляет

$$I_п = j\sqrt{S} \cdot 10^{-2} = 0,0089 \cdot I27 \cdot I0^2 = II3 \text{ А}.$$

4. Определяем защитный ток всех сооружений электростанции и подстанции:

$$I = I_T + I_B + I_{K10} + I_{K220} + I_п =$$

$= 65 + 28,2 + I3,3 + I3,8 + 29,6 + II3 = 262$ А.

5. Для защиты от коррозии подземных сооружений электростанции и подстанции необходимо использовать два преобразователя ОЧАП6/I0. На рис.П6.I приведена схема соединения цепей катодной защиты. Преобразователи катодной защиты для обеспечения защиты от коррозии заземляющего устройства работают в режиме регулятора тока. Для обеспечения защиты от коррозии других подземных сооружений преобразователи работают в режиме поддержания заданного защитного потенциала в точке дренажа и минимальной разности потенциалов между подземными сооружениями.

6. Расчет анодных заземлений производится с учетом их нагрузочной способности. Тип электродов выбираем ЭГТ-2900, площадь поверхности электрода приблизительно равна I м^2, ток нагрузки $I_н$ = I,2 А, ток анодных заземлений в цепи защиты заземляющего

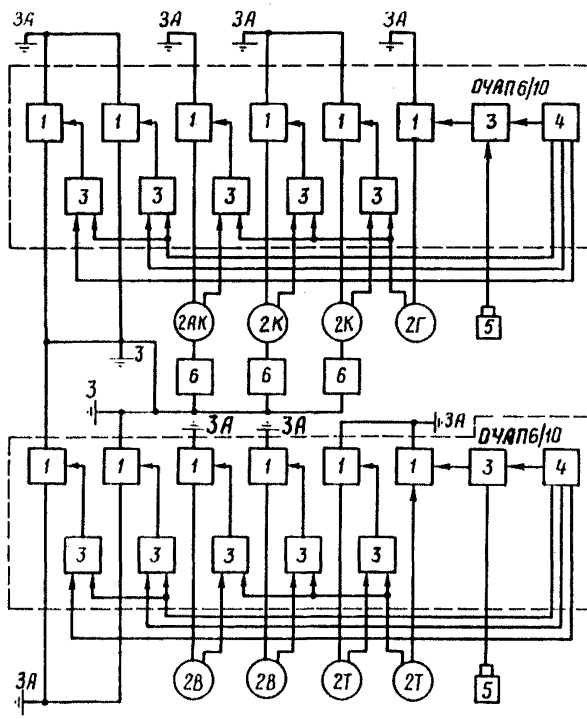


Рис.П6.I. Схема соединения цепей совместной защиты подземных энергетических сооружений электростанций и подстанций от коррозии:

I - управляемый источник тока; 2Г - газопровод; 2В - водовод; 2Г - трубопровод теплосети; 2АК - кабель с алюминиевой оболочкой; 2К - кабель 220 кВ; 3 - блок управления; 4 - блок уставки; 5 - электрод сравнения; 6 - разделительное устройство катодной защиты электрического кабеля; ЗА - анодное заземление; 3 - заземляющее устройство

устройства от коррозии $I_{п}$ = II3 А, тогда число электродов в анодном заземлении должно быть

$$n = \frac{I_{п}}{I_{н}} = \frac{II3}{I,2} = 94 \text{ шт.}$$

Сопротивление электрода определяется по формуле (I5.2)

$$R_в = \frac{\rho}{2\pi\ell_э}\left(\ell n \frac{2\ell_э}{d_э} + \frac{1}{2}\ell n \frac{4h+\ell_э}{4h-\ell_э}\right).$$

В соответствии с табл.I5.2 $\ell_э$ = 2900 мм, $d_э$ = II4 мм. Глубина установки электродов h = I,6 м .
Тогда

$$R_в = \frac{20}{6,28 \cdot 2,9}\left(\ell n \frac{2 \cdot 2,9}{0,II4} + \frac{I}{2}\ell n \frac{4 \cdot I,6 + 2,9}{4 \cdot I,6 - 2,9}\right) =$$

$$= I,098\ (3,9 + 0,48) = 4,8\ Ом.$$

По формуле (I5.3) определяем сопротивление анодного заземления с учетом, что каждое анодное заземление имеет 47 электродов

$$R_а = \frac{R_в \eta}{n} = \frac{4,8 \cdot 2,I}{47} = 0,2I.$$

Число электродов в анодном заземлении в цепи водовода

$$n = \frac{28,2}{I,2} = 23 \text{ электрода.}$$

Сопротивление анодного заземления в цепи водовода

$$R_а = \frac{1,8 \cdot (I + 0,02 \cdot 23)}{23} = 0,3\ Ом.$$

Число электродов в анодном заземлении в цепи электрических кабелей

$$n = \frac{27,I}{I,2} = 23 \text{ электрода.}$$

Сопротивление анодного заземления в цепи электрических кабелей

$$R_a = \frac{4{,}8\ (1 + 0{,}02 \cdot 23)}{23} = 0{,}31\ \text{Ом}.$$

Число электродов в анодном заземлении в цепи газопровода

$$n = \frac{29{,}6}{1{,}2} = 24\ \text{электрода}.$$

Сопротивление анодного заземления в цепи газопровода

$$R_a = \frac{4{,}8\ (1 + 0{,}02 \cdot 24)}{24} = 0{,}29\ \text{Ом}.$$

Число электродов в анодном заземлении в цепи теплосети

$$n = \frac{65}{1{,}2} = 54\ \text{электрода}.$$

Сопротивление анодного заземления в цепи теплосети

$$R_a = \frac{4{,}8 \cdot (1 + 0{,}02 \cdot 54)}{54} = 0{,}18\ \text{Ом}.$$

В табл.П6.1 даны параметры анодных заземлений.

Таблица П6.1

Параметры анодных заземлений

Наименование цепи катодной защиты	Число электродов, шт.	Сопротивление анодного заземления, Ом
Заземляющее устройство	47	0,21
Заземляющее устройство	47	0,21
Водовод	23	0,3
Электрические кабели	23	0,30
Газопровод	24	0,29
Теплосеть	54	0,19

7. Сопротивления электрических кабелей, соединяющих цепи катодной защиты, должны быть не выше указанных в табл.П6.2.

При этом

$$R_к = U/I ,$$

где U - падение напряжения в кабеле (U = 2 В);

I - ток цепи катодной защиты, А.

Таблица П6.2

Сопротивление электрических кабелей

Наименование цепи катодной защиты	Ток цепи катодной защиты, А	Допустимое сопротивление жил кабеля, Ом
Заземляющее устройство	55	0,036
Заземляющее устройство	56	0,036
Водовод	28,2	0,070
Электрические кабели	27,I	0,070
Газопровод	29,6	0,068
Теплосеть	65	0,030

На основании табл.П6.2 по допустимому сопротивлению в зависимости от длины кабеля и материала проводящих жил должно выбираться сечение кабеля.

8. При наличии данных о входном сопротивлении Z для подземных сооружений различного назначения определяется сопротивление цепи катодной защиты по формуле (I0.2).

В данном примере принимаем для различных подземных энергетических сооружений следующие значения входных сопротивлений:

- 0,05 Ом для защитного заземления;
- 0,I5 Ом для водовода;
- 0,7 Ом для электрических кабелей;
- 0,3 Ом для газопровода;
- 0,I Ом для теплосети.

Сопротивление цепи катодной защиты и напряжения на выходе

каналов преобразователя приведены в табл.П6.3.

Таблица П6.3

Параметры катодной защиты подземных энергетических сооружений

Наименование цепи катодной защиты	Сопротивление цепи, Ом	Ток цепи, А	Напряжение на выходе канала, В
Заземляющее устройство	0,25	55	I4
Заземляющее устройство	0,25	56	I4
Водовод	0,52	28,2	I5
Электрические кабели	0,52	27,3	I5
Газопровод	0,66	29,6	I9
Теплосеть	0,32	65	20

9. Преобразователи по току загружены на 72%.

I0. На основании приведенных выше расчетов параметров совместной защиты должны выбираться места размещения анодных заземлений на площадке электростанции и за ее пределами (если это необходимо), а также точки дренажа.

Приложение 7

АКТ

_____I9___ г. г._____

НА ПРИЕМКУ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

По адресу_____работы выполнены по проекту_____

(наименование организации и номер проекта)

_____

Комиссия в составе:

Председатель комиссии _____

Члены комиссии - представители организаций:

Заказчика _____ т. _____
(наименование организации)

Проектной организации _____
(наименование организации)

т. _____

Эксплуатационной организации _____
(наименование организации)

т. _____

Смежных эксплуатационных организаций:

_____ т. _____

_____ т. _____

_____ т. _____

_____ т. _____

_____ т. _____

_____ т. _____

произвела осмотр и приемку выполненных строительно-монтажных работ.

К сдаче предъявлены:

I. Кабельные прокладки.

Кабель марки _____ длиной _____м уложен в траншею на глубину _____м и защищен _____
(покрыт кирпичом, в трубах и

_____
т.д.)

2. Анодное заземление.

2.I. Электроды заземления выполнены из _____

_____
(материал, профиль, сечение)

длиной _____м в количестве _____шт. _____
(с обсыпкой или без

_____ расстояние между электродами _____м,
обсыпки)

диаметр скважины _____м.

2.2. Соединительная полоса (шина, кабель) выполнена из _____

_____ длиной _____м, на глу-
(марка, материал, профиль, сечение)

бине _____м _____
(в обсыпке или изолировано)

Места приварки соединительной полосы к электродам изолированы _____

2.3. Сопротивление анодного заземления _____ Ом.

3. Контактные устройства.

3.1. На _____ выполнено из _____
(вид сооружения)

_____ по чертежу № _____
(материал, профиль, сечение)

Контакт с защищаемым сооружением осуществлен путем

_____
(сварки или болтового соединения)

Противокоррозионное покрытие на защищаемом сооружении

_____

1. Контрольно-измерительные пункты.

Выполнены в количестве _____ шт. по чертежу № _____

5. Электромонтажные работы

5.1. Устройство _____ питается от сети переменного тока напряжением _____ В, размещено _____
(вид оборудования)

_____
(место, метод крепления)

5.2. Электропроводка переменного тока выполнена _____

_____
(марка, сечение, длина кабеля, проводка)

монтаж проводки осуществлен _____
(по фасаду, в подвале и т.п.)

5.3. Отключающее устройство выполнено _____

5.4. Заземляющее устройство выполнено _____

_____
(способ, значение сопротивления заземления)

5.5. Сопротивление изоляции кабеля _____ Ом.

6. Прочие устройства _____

_____

_____

_____

7. Замечания по строительно-монтажным работам _____

_____

_____

_____

Председатель комиссии_____
Члены комиссии_____

Приложение 8

АКТ

_____19___г. г._____

НА ПРИЕМКУ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Комиссия в составе:
Председатель комиссии_____
Члены комиссии - представители организаций:
Госгортехнадзора СССР_____
т._____
Заказчика_____
(наименование организации)
т._____
Проектной организации_____
(наименование организации)
т._____
Эксплуатационной организации_____
(наименование организации)
т._____
Строительной организации_____
т._____
Смежных эксплуатационных организаций:
_____
т._____
_____
т._____
_____
т._____
_____

т._____

_____

т._____

_____

т._____

Ознакомившись с технической документацией, осмотрев все узлы устройства, смонтированного на_____
(стена, опора, фундамент)
по адресу_____

_____
установили следующее:

I. _____защита выполнена по проекту
(дренажная, катодная и т.п.)

_____

2. Общая протяженность защищаемых сетей_____
в том числе_____

3. Характеристика_____ узлов защиты:
оборудование_____ шт.
(тип)

кабель_____
(марка, длина)

анодное заземление_____
(характеристика, значение сопро-

_____
тивления заземления)

контрольно-измерительные пункты_____
(количество и на каких

_____
сооружениях)

разделительное устройство_____

заземляющее устройство_____
(способ, значение сопротивления

_____
заземления)

прочие устройства_____

4. Данные режима работы электрозащитной установки:
значение защитного тока_____

_____

потенциал в точках дренажа_____

напряжение на выходе каналов_____

_____

сопротивление анодных заземлений_____

_____

5. Замечания по монтажу и наладке устройства_____

_____

_____

_____

_____

_____

6. Комиссия постановила устройство защиты от коррозии принять в эксплуатацию с _____I9____г.

Председатель комиссии_____

Члены комиссии_____

Приложение 9

ЖУРНАЛ КОНТРОЛЯ
РАБОТЫ УСТАНОВОК КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ
ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Дата обхода	Защитный ток, А						Напряжение на выходе, В						Потенциал сооружения - земля в точке дренажа, В						Техническое состояние устройства	Подпись
	I канал	II канал	III канал	IУ канал	У канал	УI канал	I канал	II канал	III канал	IУ канал	У канал	УI канал	I сооружение	II сооружение	III сооружение	IУ сооружение	У сооружение	УI сооружение		

О Г Л А В Л Е Н И Е

I.	Общие положения	3
2.	Коррозия подземных энергетических сооружений	3
3.	Оценка опасности коррозии подземных энергетических сооружений	5
4.	Электрические параметры подземного энергетического сооружения и методика проведений работ по оценке опасности коррозии	9
5.	Защита подземных энергетических сооружений от коррозии	2I
6.	Катодная защита однониточных подземных энергетических сооружений от коррозии	23
7.	Общий порядок проектирования катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии	27
8.	Катодная защита подземных энергетических сооружений электростанций от коррозии	3I
9.	Катодная защита подземных энергетических сооружений подстанций 35-750 кВ от коррозии	35
I0.	Катодная защита кабелей 6-35 кВ от коррозии	40
II.	Катодная защита кабелей II0-500 кВ от коррозии	44
I2.	Катодная защита магистральных теплосетей от коррозии	48
I3.	Катодная защита подземных энергетических сооружений промышленных площадок от коррозии	5I
I4.	Катодная защита параллельных трубопроводов от коррозии	53
I5.	Анодные заземления	55
I6.	Протекторная защита подземных энергетических сооружений от коррозии	6I
I7.	Строительство устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии	65
I8.	Наладка и приемка в эксплуатацию устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии	70

19. Эксплуатация устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии..... 72

20. Определение технико-экономической эффективности защиты подземных энергетических сооружений от коррозии..... 73

2I. Техника безопасности при проведении работ по защите подземных энергетических сооружений от коррозии..... 75

Приложение I. Краткое описание способа измерения перетоков между подземными энергетическими сооружениями различного назначения. 76

Приложение 2. Порядок проектирования, строительства и эксплуатации устройств катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии..... 77

Приложение 3. Краткое описание преобразователя ОЧАП6/I0..... 79

Приложение 4. Краткое описание разделительного устройства катодной защиты электрического кабеля..... 82

Приложение 5. Методика расчета сопротивления фундаментов опор ВЛ..... 84

Приложение 6. Расчет катодной защиты подземных энергетических сооружений различного назначения..... I04

Приложение 7. Акт на приемку строительно-монтажных работ..... III

Приложение 8. Акт на приемку устройства защиты подземных энергетических сооружений от коррозии в эксплуатацию..... II4

Приложение 9. Журнал контроля работы установок катодной защиты подземных энергетических сооружений от коррозии..... II7

Ответственный редактор О.М.Громова
Литературный редактор А.А.Шиканян
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор В.Д.Алексеева

Подписано к печати 07.03.85 Формат 60x84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л. 6,98 Уч.-изд.л.7,3 Тираж 1900 экз.
Заказ № 82/85 Издат.№ 269/84 Цена 1 руб.09 коп.

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

gost.e-ecolog.ru