

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Карякин Андрей Виссарионович

Должность: И.о. руководителя НТИ НИЯУ МИФИ

Дата подписания: 11.07.2021 09:11:00

Уникальный программный ключ:

828ee0a011fa74583189623798649876ad0eac69

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Новоуральский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего

образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(НТИ НИЯУ МИФИ)**

**Колледж НТИ**

---

Цикловая методическая комиссия

общетехнических дисциплин , энергетики и электроники

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

### **ПО ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

### **ОХРАНА ТРУДА**

для студентов колледжа НТИ НИЯУ МИФИ,

обучающихся по программе среднего профессионального образования

(базовый уровень)

специальность 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и

ремонт электронных приборов и устройств

очная форма обучения

Новоуральск 2021

## РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Цель работы: приобрести практические навыки по выбору и определению заземляющих устройств .

1. Определить расчетный ток  $I_3$  и найти  $R_3$

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3}; \quad R_3 \leq \frac{250}{I_3};$$

$$I_3 = \frac{125}{R_3}; \quad I_3 = \frac{250}{R_3};$$

Для сетей с изолированной нейтральной емкостной ток  $I_3$  может быть ориентировочно определен  $I_3 = \frac{U_{л}}{350}(35 \cdot l_{каб} + l_{л})$

$U_{л}$  – линейное напряжение трехфазной сети (кВ);  $l_{каб}$  – длина кабельных линий (электрически связанных) (км);  $l_{л}$  – длина воздушных линий (км)

1. Определяют сопротивления естественных заземлителей  $r_e$  (чаще всего путем замера для конкретной установки). Расчет заземляющих устройств для проектируемых электроустановок производится без учета сопротивлений растеканию искусственных заземлителей. В случае замера, если  $r_e < R_3$  заземляющее устройство состоит только из естественных заземлителей, а при

$r_e > R_3$  следует добавить искусственные заземлители (электроды). Значение их сопротивления растеканию определяют по выражению:  $r_{исх} = r_e \cdot R_3 / (r_e - R_3)$

$R_3$  – сопротивление заземляющего устройства по нормам .

1. По таблице 1.1 определяют среднее значение удельного сопротивления принятого грунта.

Вид грунта	Удельное сопротивление $\rho \cdot 10^4$ Ом·см
Песок	8,0
Суглинок	1,0
Глина	0,4
Чернозем	0,5

2. Определить конфигурацию заземляющего устройства, расстояние между заземлителями (электродами). Предварительно задаются количеством вертикальных электродов с учетом, что расстояние между ними должны быть не менее их длины.
3. Определить сопротивления расстоянию (Ом) одиночного вертикального электрода из круглой арматурой стали или трубы

$$r_{в} = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot K_c}{e} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \cdot \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

$W$  – удельное сопротивление грунта (Ом·см);  $l$ - длина электрода (см);  $t$ - глубина заложения равная расстоянию от поверхности земли до середины электрода (см);  $K_c$  – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта с зависимости от климатических районов. Для средних климатических (II и III)  $K_c$  можно принять для вертикальных электродов:  $1 = 3-5$   $1,45 \div 1,15$ , для горизонтальных заземлителей (металлических полос)  $3,5-2$ . Для ориентировочных расчетов с достаточной точностью можно пользоваться выражением:

$$r_B = 0,003 \cdot \rho \cdot K_c$$

4. Определить суммарное сопротивление части заземления, состоящих из вертикальных электродов, электрически связанных между собой, без учета сопротивления соединяющей полосы:

$$r_{3B} = \frac{r_B}{n \cdot \eta_B}$$

$n$  – число вертикальных электродов

$\eta_B$  – коэффициент использования вертикальных электродов

Для вертикальных электродов, размещенных по контуру,  $\eta_B$  определяют по таблице 1.2:

Количество вертикальных электродов	Отношение $\frac{a}{l}$ ; (а- расстояние между электродами, $l$ – длина электрода)		
	1	2	3
4	0,69	0,78	0,85
6	0,62	0,73	0,8
10	0,55	0,69	0,76
20	0,47	0,64	0,71
30	0,43	0,6	0,65

Определяют сопротивление растеканию горизонтально проложенной полосы, связывающий вертикальные электроды между собой (Ом):

$$r_r = \frac{0,366 \cdot K_c \cdot \rho}{ln} \cdot \lg \frac{2l^2}{\delta t}$$

протяженность соединений

$ln$  – длина, полоса (см),  $\delta$  – ширина полосы(см);  $t$ - глубина заложения (см)

$K_c = 3,5 - 2$

Сопротивление растеканию полосы с учетом коэффициента использования сопротивления полосы

$$r_{3r} = \frac{r_r}{\eta_r}$$

$\eta_r$  - коэффициент использования горизонтальной полосы, находят по таблице 1.2

Количество вертикальных электродов	Отношение $a/l$		
	1	2	3
4	0,45	0,55	0,7

6	0,4	0,48	0,64
10	0,34	0,4	0,56
20	0,27	0,32	0,45
30	0,24	0,3	0,4

8. Определить полное сопротивление растеканию заземлителя (Ом) с учетом использования соединительной полосы

$$R_3 = \frac{r_{3В} \cdot r_{3Г}}{(r_{3В} + r_{3Г})}$$

Если расчетное сопротивление  $R_3$  отличается от нормированного значения, то следует уменьшить или увеличить количество вертикальных электродов и повторить расчет. Сопротивление заземляющего устройства  $R_3$  (Ом) складывается из сопротивлений заземлителя и заземляющих проводников, так как сопротивление заземляющих проводников мало, то:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}$$

Где:  $U_3$  – напряжение относительно земли (нулевого потенциала)

$I_3$  – ток замыкания на землю.

Заземлители могут быть искусственные и естественные. В качестве искусственных заземлителей могут быть металлические части, находящиеся в земле; металлические трубопроводы (за исключением горючих жидкостей или взрывчатых газов и примесей), металлические железобетонные конструкции зданий и сооружений, свинцовые оболочки кабелей и др. В первую очередь используют естественные заземлители, при недостаточном их сопротивлении следует применять искусственные заземлители.

Искусственные заземлители служат отрезки угловой стали (50×50×4 мм)  $l = 2,5 - 3$  м, некондиционные стальные трубы  $\varnothing 50$  мм;  $l = 2,5 - 3$  м, с толщиной сечения не менее 3,5 мм; отрезки круглой стали  $\varnothing 12-14$  мм,  $l =$  до 5 мм и более. Заземлители (электроды) соединяются между собой стальной полосой размером 40×4 мм. В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников могут быть использованы проводники, крановые пути каркасы распределительных устройств, стальные трубы электропроводок алюминиевые оболочки кабелей.

В электроустановках  $U$  до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, изолированной от земли, сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть не более 2; 4 и 8 Ом. При линейных напряжениях 660; 380; 220В. В сетях с изолированными от земли нейтралью  $U = 6-35$ кВ ;  $R_3$ (сопротивление заземляющего устройства) при прохождении расчетного тока , замыкание на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть не более:

- 1) При испытании заземляющего устройства для электроустановки до 1000 В и выше:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3}$$

- 2) При использовании заземляющего устройства для заземления в установке выше 1000 В, его сопротивление не более 10 Ом

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3(A)}$$

В расчетах для сетей  $U=6-35$  кВ емкостный ток  $I_3$

$$I_3 = \frac{U_L}{350} (35 \cdot l_{\text{каб}} + l_L)$$

$U_L$  – линейное напряжение трехфазной сети (кВ);

$l_{\text{каб}}$  – длина кабельных линий (км);

$l_L$  – длина воздушных линий (км).

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_D;$$

$$I_r = \frac{U_L}{R_r}$$

Где:  $I_r$ - ток проходящий через тело человека;

$U_L$  – линейное напряжение;

$R_r$  – сопротивление тела

Двухполюсное прикосновение – когда человек прикасается чаще всего руками к 2 фазам сети.

Однополюсное прикосновение (направление прикосновения) - когда человек прикасается к одной фазе сети стоя на земле и заземленной конструкции. Принимается лишь к одной фазе сети.

Частым являются однополюсные прикосновения

$$I_r = \frac{U_\phi}{R_r}$$

Сопротивление человека  $R_r=1000$  Ом

Чем опасен электрический ток?

Сопротивление человека определяется многими факторами

1. Общее состояние здоровья
2. Состояние кожного покрова и его **влажность**
3. Условие окружающей среды
4. Длительность прохождения тока

Виды действия электрического тока на организм человека:

1. Нарушения нервной системы-биологические;
2. Ожоги;
3. Разложение крови (на постоянные тела);
4. Свернувшаяся кровь-электрическое (электролиз крови);
5. Электрический удар (могут быть переломы)-механическое, т.е. разрыв тканей  
0,05А-опасен для человека, может вызвать паралич дыхательных путей  
0,1А-смертелен для человека, что ведет к нарушению работы мышц сердца, т.е. к смерти.

**Задача.** Произвести расчет защитного заземления (заземлителя) для отдельной стоящей заводской подстанции, питающейся от РП – 10 кВ. Трансформаторы подстанции работают с изолированной нейтралью на стороне 10 кВ и заземленной на стороне 0,4 кВ. Протяженность электрически связанных кабельных линий напряжением 10<sup>5</sup> кВ составляет 12 км. Грунт – суглинок. Климатический район II. Естественных заземлителей нет.

**Решение.** Ёмкостный ток в линии напряжением 10 кВ находим по (25.6)=

$$I_3 = U_{\text{каб}} / 10 = 10,5 \cdot 12 / 10 = 12,6 \text{ А}$$

Значение сопротивления заземлителя при использовании для установок до 1000 В и выше определяем по (25.4):  $R_3 = 12 / I_3 = 125 / 12,6 = 10 \text{ Ом}$

Значение заземляющего устройства сопротивления нейтрали трансформаторов на стороне 0,4 кВ должно быть не более 4 Ом. Принимаем для расчета наименьшее сопротивление :

$R_3 < 4 \text{ Ом}$ . По таблице 25.1 определяем удельное сопротивление грунта – суглинки :

$$\rho = 1,0 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см.}$$

Предварительно принимаем к установке 16 одиночных вертикальных электродов из круглой стали длиной 5 метров и диаметром 12мм, расположенных по контуру здания подстанции с расстоянием между ними 5 м. Вертикальные электроды соединены с помощью сварки со стальной полосой 40×4 мм, расположенной на глубине 0,5 м.

$$\delta = 40 \times 4 = 160 \text{ мм} = 16 \text{ см}$$

Сопротивление растеканию вертикального одиночного электрода :

$$r_{\text{в}} = 0,003 \cdot \rho_{\text{Кс}} = 0,003 \cdot 10^4 \cdot 1,3 = 49 \text{ Ом}$$

Суммарное сопротивление растеканию части заземлителя, состоящей из вертикальных электродов, электрически связанных между собой, без учета сопротивления растеканию соединяющей их полосы :

$$R_{зв} = r_{в}/(n \cdot \eta_{в}) = 39/(16 \cdot 0,52) = 4,7 \text{ Ом.}$$

Коэффициент  $\eta_{в}$  по таблице 25.2 принимаем 0,55. Сопротивление растеканию соединительной полосы контура по (25.11):

$$r_{г} = \frac{0,366 \rho \cdot Kc}{l \eta} \lg \frac{2l^2}{\delta t} = \frac{0,366 \cdot 1,0 \cdot 10^4 \cdot 2,3}{7500} \lg \frac{2 \cdot 7500}{1,6 \cdot 500} = 7,43 \text{ Ом}$$

$t=50$ см,  $a=6$ , Протяжность соединительной полосы  $l_n = (n-1) \cdot a = 15 \cdot 5 \text{ м} = 7500 \text{ см}$ . Сопротивление растеканию полосы с учетом коэффициента использования по (25.12):  $R_{зг} = r_{г}/\eta_{г} = 7,43/0,3 = 22,3 \text{ Ом}$ , где  $\eta_{г}$  коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы в контуре электродов, равный 0,3 (см. табл.25.3)

Определяем полное сопротивление растеканию заземлителя с учетом использования горизонтальной соединительной полосы (Ом) по (25.13):

$$R_3 = \frac{r_{зв} \cdot r_{зг}}{(r_{зв} + r_{зг})} = \frac{4,7 \cdot 22,3}{4,7 + 22,3} = 3,9 \text{ Ом,}$$

Что меньше 4 Ом.

## РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

### Вариант 1

Произвести расчет заземления для ТП, питающей от РП – 6 кВ.

ТП работают с изолированной нейтралью на стороне 6 кВ и заземленной на 0,4 кВ.

Протяженность КЛ напряжением 6кВ = 10 КМ. Грунт-чернозем. Климатический район I. Естественных заземлений нет. 20 одиночных вертикальных электродов.

$l=5$  м;  $a=10$  м;  $\varnothing$  15мм; стальной полоса 40×4 мм; глубина 0,3 м.

### Вариант 2

От РП до ТП – 12 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 18$  км; грунт – глина ; климатический район – II. 20 одиночных вертикальных электродов.

$l=10$ м;  $a=10$  м;  $\varnothing$  10мм; стальная полоса 40×3 мм; глубина 0,6 м.

### Вариант 3

От РП до ТП – 3 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 15$  км; грунт – чернозем ; климатический район – III. 10 одиночных вертикальных электродов.

$l=4$ м;  $a=8$ м;  $\varnothing$  8мм; стальная полоса 40×5 мм; глубина 0,5м.

### Вариант 4

От РП до ТП – 6 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 6$  км; грунт – глина ; климатический район – II. 8 одиночных вертикальных электродов.

$l=3$ м;  $a=9$  м;  $\varnothing$  20 мм; стальная полоса 40×4 мм; глубина 0,5м.

### Вариант 5

От РП до ТП – 12,5кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 14$  км; грунт – суглинок ; климатический район – II. 8 одиночных вертикальных электродов.

$l=3$ м;  $a=6$  м;  $\varnothing$  16 мм; стальная полоса 40×4 мм; глубина 0,5м.

### Вариант 6

От РП до ТП – 15кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

l<sub>каб</sub> =20 км; грунт – глина ; климатический район – II; 22 одиночных вертикальных электродов.

l=8 м; a=8 м; ø 13 мм; ствольная полоса 40×4 мм; глубина 0,5м.

### **Вариант 7**

От РП до ТП – 5,5кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

l<sub>каб</sub> =4 км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 6 одиночных вертикальных электродов.

l=4м; a=4 м; ø 13 мм; ствольная полоса 40×4 мм; глубина 0,4м.

### **Вариант 8**

От РП до ТП – 8 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

l<sub>каб</sub> = 10 км; грунт – глина ; климатический район – II; 9 одиночных вертикальных электродов.

l=3 м; a=6 м; ø 15 мм; ствольная полоса 40×4 мм; глубина 0,4м.

### **Вариант 9**

От РП до ТП – 6,5кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

l<sub>каб</sub> =14 км; грунт – глина ; климатический район – II; 18 одиночных вертикальных электродов.

l=4 м; a= 8 м; ø 14 мм; ствольная полоса 40×4 мм; глубина 0,3м.

### **Вариант 10**

От РП до ТП – 3,5кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

l<sub>каб</sub> =9 км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 7 одиночных вертикальных электродов.

l=3 м; a= 3 м; ø 18 мм; ствольная полоса 40×4 мм; глубина 0,6м.

### **Вариант 11**

От РП до ТП – 15кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

l<sub>каб</sub> =13 км; грунт – суглинок ; климатический район – II; 20 одиночных вертикальных электродов.

l=3,5 м; a= 3,5 м; ø 10 мм; ствольная полоса 40×4 мм; глубина 0,3м.

### **Вариант 12**

От РП до ТП – 12 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 14$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 24 одиночных вертикальных электродов.

$l = 5$  м;  $a = 10$  м;  $\varnothing 18$  мм; стальная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 13**

От РП до ТП – 10 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 12$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 17 одиночных вертикальных электродов.

$l = 2$  м;  $a = 6$  м;  $\varnothing 12$  мм; стальная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,4 м.

### **Вариант 14**

От РП до ТП – 16 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 15$  км; грунт – глина; климатический район – II; 14 одиночных вертикальных электродов.

$l = 3$  м;  $a = 6$  м;  $\varnothing 12$  мм; стальная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 15**

От РП до ТП – 15 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 20$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 28 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 8$  м;  $\varnothing 19$  мм; стальная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,6 м.

### **Вариант 16**

От РП до ТП – 10,5 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 16$  км; грунт – суглинок ; климатический район – II; 12 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 8$  м;  $\varnothing 10$  мм; стальная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,4 м.

### **Вариант 17**

От РП до ТП – 12,5 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 18$  км; грунт – суглинок; климатический район – II; 23 одиночных вертикальных электродов.

$l = 3,5$  м;  $a = 3,5$  м;  $\varnothing 10$  мм; стальная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,6 м.

### **Вариант 18**

От РП до ТП – 14 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 11$  км; грунт – суглинок ; климатический район – II; 9 одиночных вертикальных электродов.

$l = 3$  м;  $a = 9$  м;  $\varnothing 10$  мм; стольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,3 м.

### **Вариант 19**

От РП до ТП – 9 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 15,5$  км; грунт – глина ; климатический район – II; 16 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4,5$  м;  $a = 4,5$  м;  $\varnothing 12$  мм; стольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 20**

От РП до ТП – 12,5 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 18$  км; грунт – суглинок ; климатический район – III; 24 одиночных вертикальных электродов.

$l = 5$  м;  $a = 15$  м;  $\varnothing 20$  мм; стольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 21**

От РП до ТП – 10,5 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 16$  км; грунт – суглинок ; климатический район – II; 21 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 12$  м;  $\varnothing 13$  мм; стольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,6 м.

### **Вариант 22**

От РП до ТП – 3 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 13$  км; грунт – глина ; климатический район – II; 10 одиночных вертикальных электродов.

$l = 2$  м;  $a = 4$  м;  $\varnothing 8$  мм; стольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,6 м.

### **Вариант 23**

От РП до ТП – 12 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 20$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 14 одиночных вертикальных электродов.

$l = 5$  м;  $a = 10$  м;  $\varnothing 16$  мм; стольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 24**

От РП до ТП – 8 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 9$  км; грунт – глина; климатический район – II; 10 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 4$  м;  $\varnothing 20$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 25**

От РП до ТП – 15 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 20$  км; грунт – глина ; климатический район – II; 22 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 8$  м;  $\varnothing 13$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,4 м.

### **Вариант 26**

От РП до ТП – 16 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 22$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 10 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 8$  м;  $\varnothing 8$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 27**

От РП до ТП – 9 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 5$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 12 одиночных вертикальных электродов.

$l = 3$  м;  $a = 3$  м;  $\varnothing 15$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,6 м.

### **Вариант 28**

От РП до ТП – 12 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 10$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 18 одиночных вертикальных электродов.

$l = 2$  м;  $a = 4$  м;  $\varnothing 10$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,3 м.

### **Вариант 29**

От РП до ТП – 6 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{\text{каб}} = 6$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 8 одиночных вертикальных электродов.

$l = 3$  м;  $a = 9$  м;  $\varnothing 20$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 30**

От РП до ТП – 12,5 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 14$  км; грунт – суглинок ; климатический район – II; 18 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 4$  м;  $\varnothing 16$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм; глубина 0,5 м.

### **Вариант 31**

От РП до ТП – 6,5/0,4кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 15$  км; грунт – глина ; климатический район – II; 21 одиночных вертикальных электродов.

$l = 10$  м;  $a = 10$  м;  $\varnothing 4$  мм; ствольная полоса  $30 \times 4$  мм;  $t = 0,4$  м.

### **Вариант 32**

От РП до ТП – 4/0,4 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 18$  км; грунт – чернозем ; климатический район – II; 22 одиночных вертикальных электродов.

$l = 4$  м;  $a = 8$  м;  $\varnothing 3$  мм; ствольная полоса  $30 \times 3$  мм;  $t = 0,55$  м.

### **Вариант 33**

От РП до ТП – 6/0,4 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 11$  км; грунт – песок ; климатический район – III; 16 одиночных вертикальных электродов.

$l = 9$  м;  $a = 9$  м;  $\varnothing 8$  мм; ствольная полоса  $30 \times 3$  мм;  $t = 0,7$  м.

### **Вариант 34**

От РП до ТП – 3,5/0,4 кВ; ТП с изолированной нейтралью заземленной на 0,4 кВ

$l_{каб} = 17$  км; грунт – суглинок ; климатический район – III; 17 одиночных вертикальных электродов.

$l = 6$  м;  $a = 12$  м;  $\varnothing 5$  мм; ствольная полоса  $40 \times 4$  мм;  $t = 0,5$  м.