

## Расчетно-графическое задание по дисциплине «Эксплуатация систем электроснабжения»

1. В качестве теоретической части работы представить информацию:
  - О заземляющих устройствах электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью (варианты – 1, 6, 11, 16, 21, 26);
  - О заземляющих устройствах электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (варианты – 2, 7, 12, 17, 22, 27);
  - О заземляющих устройствах электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью (варианты – 3, 8, 13, 18, 23, 28);
  - О заземляющих устройствах электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (варианты – 4, 9, 14, 19, 24, 29);
  - О заземляющих устройствах в районах с большим удельным сопротивлением земли (варианты – 5, 10, 15, 20, 25, 30);
2. Классификация заземляющих устройств и заземлителей. Материалы, применяемые для элементов заземляющих устройств.
3. Выполнить расчет простого заземляющего устройства без учета естественных заземлителей для указанной в задании электроустановки. Материал для заземления, размещение элементов заземляющего устройства, удельное сопротивление грунта и климатическую зону принять в соответствии с вариантом задания. Исходные данные для расчета по вариантам представлены в таблицах 1 и 2.
4. Представить нормативное значение сопротивления заземляющего устройства для заземляемого объекта в соответствии с вариантом задания (выписка из ПУЭ).
5. Изобразить эскиз заземляющего устройства (два вида) с указанием используемых материалов и размерами.
6. Представить спецификацию материалов и элементов.

## Исходные данные вариантов заданий (для групп Э-41, ЭЛз-51, ЭЛд-51)

№ вар.	Заземляемый объект	Климатическая зона / влажность грунта	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Размещение стержневых (вертикальных) заземлителей	Материал для стержневого (вертикального) заземлителя	Материал для протяженного (горизонтального) заземлителя	Глубина заложения, см
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / сухой грунт	131	По периметру замкнутого контура	Стальная труба $\varnothing 25$	Стальная полоса $40 \times 4$	57
2	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	II / влажный грунт	110	В ряд	Угловая сталь $50 \times 50 \times 5$	Стальная полоса $20 \times 4$	64
3	Электроустановка напряжением до 1 кВ в сети с изолированной нейтралью, если $R \leq U_{np} / I$ , а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВА.	III / грунт средней влажности	46	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь $60 \times 60 \times 6$	Круглая сталь $\varnothing 10$	50
4	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	IV / сухой грунт	204	В ряд	Стальной электрод $\varnothing 16$	Круглая сталь $\varnothing 12$	81
5	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	I / влажный грунт	80	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод $\varnothing 18$	Стальная полоса $20 \times 4$	71
6	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с эффективно заземленной нейтралью.	II / сухой грунт	62	В ряд	Стальная труба $\varnothing 25$	Круглая сталь $\varnothing 12$	55
7	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с изолированной нейтралью (при $R \leq 250 / I$ , но не более).	III / грунт средней влажности	33	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь $50 \times 50 \times 5$	Стальная полоса $40 \times 4$	53
8	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	IV / влажный грунт	117	В ряд	Угловая сталь $60 \times 60 \times 6$	Стальная полоса $20 \times 4$	46
9	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / сухой грунт	161	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод $\varnothing 16$	Круглая сталь $\varnothing 12$	50

10	Электроустановка напряжением $U_{л}=220$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	II / грунт средней влажности	182	В ряд	Стальной электрод Ø18	Стальная полоса 40×4	68
11	Электроустановка напряжением $U_{л}=220$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	III / влажный грунт	88	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	71
12	Электроустановка напряжением $U_{л}=220$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / сухой грунт	48	В ряд	Стальная труба Ø32	Круглая сталь Ø10	79
13	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	III / грунт средней влажности	115	По периметру замкнутого контура	Стальная труба Ø25	Стальная полоса 20×4	84
14	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / влажный грунт	190	В ряд	Угловая сталь 50×50×5	Круглая сталь Ø12	83
15	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / сухой грунт	86	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 60×60×6	Стальная полоса 40×4	47
16	Электроустановка напряжением $U=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	II / грунт средней влажности	151	В ряд	Стальной электрод Ø16	Стальная полоса 20×4	75
17	Электроустановка напряжением $U=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	III / сухой грунт	110	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод Ø18	Круглая сталь Ø12	84
18	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / влажный грунт	95	В ряд	Стальная труба Ø25	Круглая сталь Ø10	58
19	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / грунт средней влажности	114	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	50
20	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	II / сухой грунт	37	В ряд	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 40×4	65
21	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	III / грунт средней влажности	208	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 60×60×6	Стальная полоса 20×4	77

22	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / сухой грунт	69	В ряд	Стальной электрод Ø16	Круглая сталь Ø10	49
23	Электроустановка напряжением $U=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	II / влажный грунт	137	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод Ø18	Круглая сталь Ø12	56
24	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	III / влажный грунт	124	В ряд	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	75
25	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	IV / грунт средней влажности	61	По периметру замкнутого контура	Стальная труба Ø32	Круглая сталь Ø12	46
26	Электроустановка напряжением до 1 кВ в сети с изолированной нейтралью, если $R \leq U_{np} / I$ , а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВА.	IV / сухой грунт	151	В ряд	Стальная труба Ø25	Стальная полоса 40×4	53
27	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / влажный грунт	189	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	47
28	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	II / сухой грунт	79	В ряд	Угловая сталь 60×60×6	Круглая сталь Ø12	59
29	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с эффективно заземленной нейтралью.	III / грунт средней влажности	93	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод Ø16	Стальная полоса 40×4	69
30	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с изолированной нейтралью (при $R \leq 250 / I$ , но не более).	III / сухой грунт	154	В ряд	Стальной электрод Ø18	Стальная полоса 20×4	77

*Примечание.* При размещении стержневых (вертикальных) заземлителей в ряд минимальное число электродов принимать равным двум. При размещении стержневых (вертикальных) заземлителей по периметру замкнутого контура минимальное число электродов принимать равным трём.

## Исходные данные вариантов заданий (для групп Э-42, ЭЛз-52, ЭЛд-52)

№ вар.	Заземляемый объект	Климатическая зона / влажность грунта	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Размещение стержневых (вертикальных) заземлителей	Материал для стержневого (вертикального) заземлителя	Материал для протяженного (горизонтального) заземлителя	Глубина заложения, см
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / сухой грунт	92	По периметру замкнутого контура	Стальная труба $\varnothing 25$	Стальная полоса $40 \times 4$	67
2	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	II / влажный грунт	131	В ряд	Угловая сталь $50 \times 50 \times 5$	Стальная полоса $20 \times 4$	46
3	Электроустановка напряжением до 1 кВ в сети с изолированной нейтралью, если $R \leq U_{np} / I$ , а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВА.	III / грунт средней влажности	80	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь $60 \times 60 \times 6$	Круглая сталь $\varnothing 10$	79
4	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	IV / сухой грунт	90	В ряд	Стальной электрод $\varnothing 16$	Круглая сталь $\varnothing 12$	49
5	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	I / влажный грунт	100	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод $\varnothing 18$	Стальная полоса $20 \times 4$	57
6	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с эффективно заземленной нейтралью.	II / сухой грунт	174	В ряд	Стальная труба $\varnothing 25$	Круглая сталь $\varnothing 12$	72
7	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с изолированной нейтралью (при $R \leq 250 / I$ , но не более).	III / грунт средней влажности	71	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь $50 \times 50 \times 5$	Стальная полоса $40 \times 4$	74
8	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	IV / влажный грунт	131	В ряд	Угловая сталь $60 \times 60 \times 6$	Стальная полоса $20 \times 4$	74
9	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / сухой грунт	38	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод $\varnothing 16$	Круглая сталь $\varnothing 12$	65

10	Электроустановка напряжением $U_{л}=220$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	II / грунт средней влажности	76	В ряд	Стальной электрод Ø18	Стальная полоса 40×4	84
11	Электроустановка напряжением $U_{л}=220$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	III / влажный грунт	97	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	69
12	Электроустановка напряжением $U_{л}=220$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / сухой грунт	173	В ряд	Стальная труба Ø32	Круглая сталь Ø10	55
13	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	III / грунт средней влажности	133	По периметру замкнутого контура	Стальная труба Ø25	Стальная полоса 20×4	82
14	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / влажный грунт	64	В ряд	Угловая сталь 50×50×5	Круглая сталь Ø12	46
15	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / сухой грунт	190	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 60×60×6	Стальная полоса 40×4	68
16	Электроустановка напряжением $U=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	II / грунт средней влажности	72	В ряд	Стальной электрод Ø16	Стальная полоса 20×4	75
17	Электроустановка напряжением $U=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	III / сухой грунт	121	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод Ø18	Круглая сталь Ø12	84
18	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / влажный грунт	56	В ряд	Стальная труба Ø25	Круглая сталь Ø10	67
19	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ с непосредственным присоединением нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / грунт средней влажности	96	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	54
20	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	II / сухой грунт	101	В ряд	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 40×4	84
21	Электроустановка напряжением $U=220$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	III / грунт средней влажности	139	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 60×60×6	Стальная полоса 20×4	60

22	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	IV / сухой грунт	61	В ряд	Стальной электрод Ø16	Круглая сталь Ø10	76
23	Электроустановка напряжением $U=380$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	II / влажный грунт	102	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод Ø18	Круглая сталь Ø12	78
24	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	III / влажный грунт	83	В ряд	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	83
25	Электроустановка напряжением $U=127$ В источника однофазного тока в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	IV / грунт средней влажности	182	По периметру замкнутого контура	Стальная труба Ø32	Круглая сталь Ø12	64
26	Электроустановка напряжением до 1 кВ в сети с изолированной нейтралью, если $R \leq U_{np} / I$ , а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВА.	IV / сухой грунт	92	В ряд	Стальная труба Ø25	Стальная полоса 40×4	73
27	Электроустановка напряжением $U_{л}=380$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ расположено в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока).	I / влажный грунт	120	По периметру замкнутого контура	Угловая сталь 50×50×5	Стальная полоса 20×4	73
28	Электроустановка напряжением $U_{л}=660$ В в сети с глухозаземленной нейтралью (ЗУ всех повторных заземлений PEN-проводника).	II / сухой грунт	64	В ряд	Угловая сталь 60×60×6	Круглая сталь Ø12	68
29	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с эффективно заземленной нейтралью.	III / грунт средней влажности	149	По периметру замкнутого контура	Стальной электрод Ø16	Стальная полоса 40×4	66
30	Электроустановка напряжением выше 1 кВ в сети с изолированной нейтралью (при $R \leq 250 / I$ , но не более).	III / сухой грунт	118	В ряд	Стальной электрод Ø18	Стальная полоса 20×4	75

*Примечание.* При размещении стержневых (вертикальных) заземлителей в ряд минимальное число электродов принимать равным двум. При размещении стержневых (вертикальных) заземлителей по периметру замкнутого контура минимальное число электродов принимать равным трём.

## Рекомендуемая литература

1. Эксплуатация систем электроснабжения : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов. - Москва : Форум, 2015. - 287 с.
2. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учеб. пособие / Н. А. Акимова, Н. Ф. Котеленец, Н. И. Сентюрихин. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2006. - 295 с.
3. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по специальности "Техн. эксплуатация и обслуживание электр. и электромех. оборудования" / В. П. Шеховцов. - Москва : Форум, 2014. - 136 с.
4. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Н. К. Полуянович. - Москва: Лань, 2012. - 400 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2767>.
5. Эксплуатация электрооборудования: учебник / Г. П. Ерошенко, А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева [и др.]. - М.: КолосС, 2007. - 343 с.
6. Цигельман И.Е., Тульчин И.К., «Электроснабжение, электрические сети и освещение», М.: «Высшая школа», 1990 г.
7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]. - Москва : ЭНАС, 2013. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=38582](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38582) (24.12.2017).
8. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс]: — Электрон. дан. — М. : ЭНАС, 2013. — 560 с. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=38572](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38572) (24.12.2017).