ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БОЛТА»

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250

Заземление и молниезащита комплектных трансформаторных подстанций мощностью от 25 кВА до 250 кВА

2023 г.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БОЛТА»

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ
BOLTA- ТП -3М -КТП -25-250

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор ООО «БОЛТА»

_____ Т.С. Степанова

2023 г.

Перв. примен.

Справ. №

Содержание

Обозначение	Наименование	Стр.
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Общие данные	2
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Рекомендации по расчету заземляющего устройства	3
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП. Расчёт.	4
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Ж/б опора. Расчёт.	5
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. План.	6
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. Разрез 1-1, Узел А.	7
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП, ж/б опора. Спецификация.	8
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. КТП. Расчёт.	9
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Ж/б опора. Расчёт.	10
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. План.	11
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. Разрез 2-2.	12
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство КТП на основе электролитических горизонтальных электродов. Спецификация, узел Б.	13
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство ж/б опоры на основе электролитических горизонтальных электродов. Спецификация, узел В.	14
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Столбовая КТП, ж/б опора. План.	15
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Столбовая КТП, ж/б опора. Разрез 3-3, узел А.	16
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Столбовая КТП и ж/б опора. План.	17
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Столбовая КТП и ж/б опора. Разрезы 4-4, 5-5.	18
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Мачтовая КТП, ж/б опора. План.	19
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Мачтовая КТП, ж/б опора. Разрез 6-6, узел А.	20
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Мачтовая КТП и ж/б опора. План.	21
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Мачтовая КТП и ж/б опора. Разрез 6-6.	22
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Молниезащита ж/б опоры. Вид Г.	23
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Молниезащита столбовой КТП. Вид Д.	24
BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	Молниезащита мачтовой КТП. Вид Е.	25

Общие данные

1. Вводная часть

1.1 Типовой проект BOLTA-ТП-СМЗ-СПСК-23 (далее - ТП) разработан ООО «БОЛТА» (г.Тольятти).
ТП выполнен с учетом требований следующих нормативных документов:

- ПУЭ «Правила устройства электроустановок» 7-е издание;
- ПТЭЭП «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- СП 76.13330.2016 «Электрические устройства». Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85;
- ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 «Заземляющие устройства и защитные проводники»;
- ГОСТ Р МЭК 60050-195-2005 «Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения»;
- ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 «Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам»;
- СТО Газпром 2-1.11-170-2007 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ПАО «Газпром»;
- РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений";
- Другие справочные и нормативные документы.

2. Содержание ТП

2.1 В проекте представлены узлы, детали и расчеты системы заземления комплектных трансформаторных подстанций мощностью от 25 кВА до 250 кВА. Трансформаторные подстанции указанной мощности наиболее распространены в следующих форм-факторах:

2.1.1. Столбовая КТП, мощностью от 25 кВА до 63 кВА, установленная на одной железобетонной опоре высотой до 9 м от уровня земли.

2.1.2. Мачтовая КТП, мощностью от 25 кВА до 250 кВА, установленная на двух железобетонных стойках высотой до 9 м от уровня земли.

2.1.3. КТП шкафного типа, мощностью от 25 кВА до 250 кВА, установленная на четырёх металлических или железобетонных стойках высотой до 2 м от уровня земли.

3. Область применения

3.1 Материалы альбома предназначены для выполнения расчетов, проектных и монтажных работ по организации устройства заземления комплектных трансформаторных подстанций малой мощности.

4. Основные положения

4.1 Устройство заземления - система, позволяющая защитное заземление и зануление электрооборудования. Она включает в себя следующие устройства:

- Заземляющий провдник - часть заземляющего устройства, предназначенная для электрического соединения нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением с заземлителем;
- Заземлитель - проводник или совокупность соединённых между собой проводников, находящихся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через проводящую среду. В данном случае используется заполнитель грунтовый SX-3;
- Заземляющий контур - заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на её поверхности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Общие данные	Лит.	Лист 2 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Формат А4

Перв. примен.

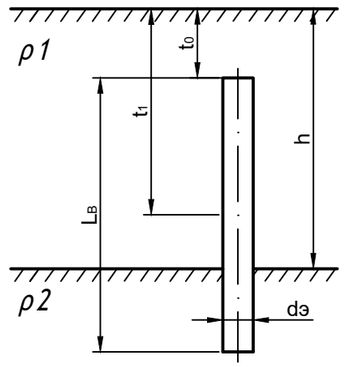
Справ. №

Рекомендации по расчету заземляющего устройства

1. Выбор длины и материала электрода осуществляется в соответствии с требованиями ПУЭ, а также в зависимости от геологического строения грунтов, плотности застройки в зоне установки электрода, технико-экономических показателей или технического задания заказчика.
2. Расстояние между электродами должно быть больше или равно их длине.
3. Подключение электрода к горизонтальному заземлителю осуществляется при помощи зажима универсального крестообразного (болтовое соединение).
4. Для расчета сопротивления заземляющего устройства применяется методика по справочникам А.А.Федорова «Справочник по электроснабжению промышленных предприятий» и Е.Г. Титова «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»:

1) В случае наличия на объекте двухслойного грунта, сначала необходимо рассчитать его эквивалентное удельное сопротивление (согласно справочнику Е.Г. Титова):

$$\rho_{гр} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_B}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_B - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)}, \text{ где}$$



ρ_1 - удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м;

ρ_2 - удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта, Ом·м;

$k = 1$ при $\rho_1 > \rho_2$ и $k = 1{,}2$, при $\rho_1 < \rho_2$;

L_B - длина электрода, м;

t_0 - глубина погружения электрода от поверхности земли, м;

h - толщина верхнего слоя грунта, м.

Значения удельных сопротивлений слоев грунта выбираются согласно инженерно-геологическим изысканиям в предполагаемом месте монтажа электродов. При отсутствии значений удельных сопротивлений грунтов можно воспользоваться таблицей усредненных значений удельных сопротивлений грунтов в Приложении А.

2) Согласно справочнику под ред. А.А.Федорова:

Сопротивление одиночного вертикального электрода *:

$$R_B = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right),$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B$;

$d_э$ - диаметр электрода, м;

t_1 - средняя глубина погружения электрода от поверхности земли, м.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

3) Количество необходимых вертикальных электродов:

$n = \frac{R_B}{R_н}$, где n - количество электродов, шт. (всегда округляется до большего целого);

$R_н$ - нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом.

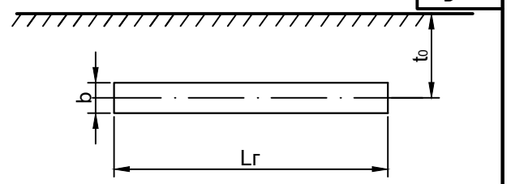
4) Суммарное сопротивление вертикальных электродов:

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}}, \text{ где}$$

$K_{ив}$ - коэффициент использования (экранирования) вертикальных заземлителей (см. таблицу 1).

5) Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \pi \cdot L_г}\right) \cdot \ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right), \text{ где}$$



$R_г$ - сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

$L_г$ - длина горизонтального заземлителя, м;

b - ширина полосы или двойной диаметр круглого горизонтального заземлителя, м.

6) Суммарное сопротивление горизонтальных заземлителей:

$$R_{\Sigma г} = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}}, \text{ где}$$

$K_{иг}$ - коэффициент использования горизонтального заземляющего проводника (см. таблицу 1).

K - климатический коэффициент сезонности (см. таблицу 2);

7) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma г}}.$$

При получении значения $R > R_н$ необходимо увеличить количество электродов (n) и/или длину электрода (L_B) и повторить расчеты пока не получится $R \leq R_н$.

Таблица 1 - Значения коэффициента использования (экранирования) заземлителей

Для горизонтальных заземлителей								Для вертикальных заземлителей							
Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей в ряд: Отношение расстояния между заземлителями к их длине			Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей по контуру: Отношение расстояния между заземлителями к их длине			Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей в ряд: Отношение расстояния между заземлителями к их длине			Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей по контуру: Отношение расстояния между заземлителями к их длине		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
4	0,77	0,89	0,92	4	0,45	0,55	0,70	2	0,86	0,91	0,94	4	0,69	0,78	0,85
5	0,74	0,86	0,90	5	0,40	0,48	0,64	3	0,78	0,87	0,91	6	0,62	0,73	0,80
8	0,67	0,79	0,85	8	0,36	0,43	0,60	5	0,70	0,81	0,87	10	0,55	0,69	0,76
10	0,62	0,75	0,82	10	0,34	0,40	0,56	10	0,59	0,75	0,81	20	0,47	0,64	0,71
20	0,42	0,56	0,68	20	0,27	0,32	0,45	15	0,54	0,71	0,78	40	0,41	0,58	0,67
30	0,31	0,46	0,58	30	0,24	0,30	0,41	20	0,49	0,68	0,77	60	0,39	0,55	0,65
50	0,21	0,36	0,49	50	0,21	0,28	0,37	–	–	–	–	100	0,36	0,52	0,62
65	0,20	0,34	0,47	70	0,20	0,26	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	100	0,19	0,24	0,33	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 2 - Значение климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта, К

Горизонтальный заземлитель	Климатическая зона			
	I	II	III	IV
Значение коэф. - К при L=2-3 м	1,9	1,65	1,5	1,3
Значение коэф. - К при L=2-3 м	5,75	4	2,25	1,75
Средняя многолетняя низшая температура (январь)	от -20 до -15°С	от -14 до -10°С	от -10 до 0°С	от 0 до +5°С
Средняя многолетняя высшая температура (июль)	от +15 до +18°С	от +18 до +22°С	от +22 до +24°С	от +24 до +26°С

Примечание:

* - расчет сопротивления одиночного вертикального электрод приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Рекомендации по расчету заземляющего устройства	Лит.	Лист 3 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Формат А4

Перв. примен.
Справ. №

Расчёт заземляющего устройства КТП

Пример расчета контура заземления для КТП.
Исходные данные:
Удельное сопротивление грунта - 200 Ом·м. Климатическая зона - II.
Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 4 Ом.
Решение: используя формулы на листе 3, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства.

Выполняем расчёт:

1) Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 21,0 м.:

$$R_в = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_в} \cdot \left(ln\left(\frac{2 \cdot L_в}{d_э}\right) + \frac{1}{2} ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_в}{4 \cdot t_1 - L_в}\right)\right) =$$

$$= \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 21} \cdot \left(ln\left(\frac{2 \cdot 21}{0,016}\right) + \frac{1}{2} ln\left(\frac{4 \cdot 11,2+21}{4 \cdot 11,2-21}\right)\right) = 12,71 \text{ Ом}*$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_в = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 21 = 11,2$ м.

2) Количество необходимых вертикальных электродов:

$n = \frac{R_в}{R_н \cdot K_{ив}} = \frac{12,71}{4 \cdot 0,8} = 3,97 \approx 4$ шт., округляем до ближайшего большего целого числа.

Суммарное сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_\sum = \frac{R_в}{n \cdot K_{ив}} = \frac{12,71}{4 \cdot 0,8} = 3,972 \text{ Ом}$$

3) Сопротивление горизонтального заземлителя. Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах: медная полоса 25 х 3 мм, катанка медная 8 мм или сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм. Делаем расчёт сопротивления каждого варианта. В дальнейших расчётах берём вариант с наибольшим сопротивлением горизонтального заземлителя, считая что при удовлетворении наибольшего варианта нормативному значению - остальные варианты тоже будут рабочими.

Длина горизонтального заземлителя равна 92 м

3.1) Горизонтальный заземлитель - катанка медная 8 мм.

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 16}\right) \cdot ln\left(\frac{16^{\,2}}{0,001 \cdot 0,7}\right) = 25,5 \text{ Ом.}$$

3.2) Горизонтальный заземлитель - медная полоса 25 х 3.

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 16}\right) \cdot ln\left(\frac{16^{\,2}}{0,02 \cdot 0,7}\right) = 19,53 \text{ Ом.}$$

3.3) Горизонтальный заземлитель - стальная полоса 40 х 4 мм.

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 16}\right) \cdot ln\left(\frac{16^{\,2}}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 18,15 \text{ Ом.}$$

4) Сопротивление горизонтальных заземлитлей с учетом коэффициента использования:
Из расчёта сопротивления горизонтального заземлителя (п.3) следует что наибольшее сопротивление имеет заземлитель из катанки медной Ø8 мм. В дальнейших расчётах применяем этот вариант, считая что при удовлетворении наибольшего варианта нормативному значению - остальные варианты тоже будут рабочими.

4.1) Горизонтальный заземлитель - катанка медная 8 мм.

$$R_{\sum г} = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}} = \frac{25,5 \cdot 1,65}{0,64} = 65,73 \text{ Ом.}$$

5) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\sum \cdot R_{\sum г}}{R_\sum + R_{\sum г}} = \frac{3,97 \cdot 65,73}{3,97 + 65,73} = 3,75 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Примечание:
* - Применение заполнителя грунтового SX-3 позволяет пренебречь сезонной корректировкой. Расчет сопротивления одиночного вертикального электрода приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта;

					BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП. Расчёт.	Лит. / Лист 4 / Листов
Пров.						
Н.контр						ООО «БОЛТА»
Утв.						

Копировал Формат А3

Расчёт заземляющего устройства ж / б опоры

Пример расчета контура заземления для железобетонной опоры ВЛ 6/10 кВ.
Исходные данные:
Удельное сопротивление грунта – 200 Ом·м. Климатическая зона – II.
Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 30 Ом.
Решение: используя формулы на листе 3, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства.

Выполняем расчёт:

1) Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 12,0 м.:

$$R_B = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \Pi \cdot L_B} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 12}{0,016}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot 6,7+12}{4 \cdot 6,7-12}\right)\right) = 20,69 \text{ Ом*}$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 12 = 6,7$ м.

2) Сопротивление вертикального заземлитля с учётом коэффициента использования:

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{20,69}{1 \cdot 0,8} = 25,86 \text{ Ом}$$

3) Т.к. заземляющее устройство ж / б опоры состоит из одного вертикального электрода принимаем сопротивление заземляющего устройства равным 25,86 Ом < 30 Ом

					BOLTA- ТП -3М -КТП -25-250		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Ж / б опора. Расчёт.	Лит.	Лист 5 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Перв. примен.

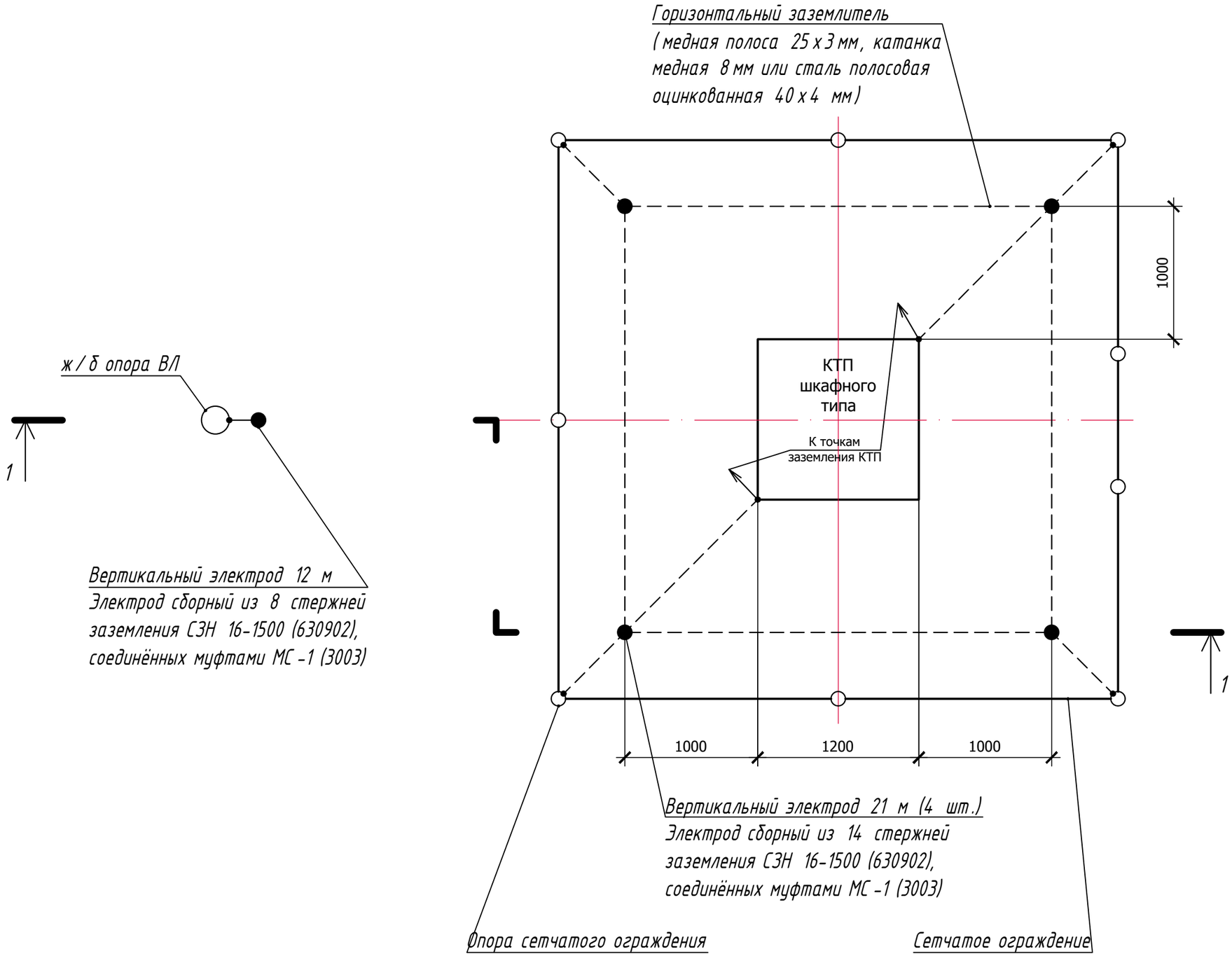
Справ. №

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №



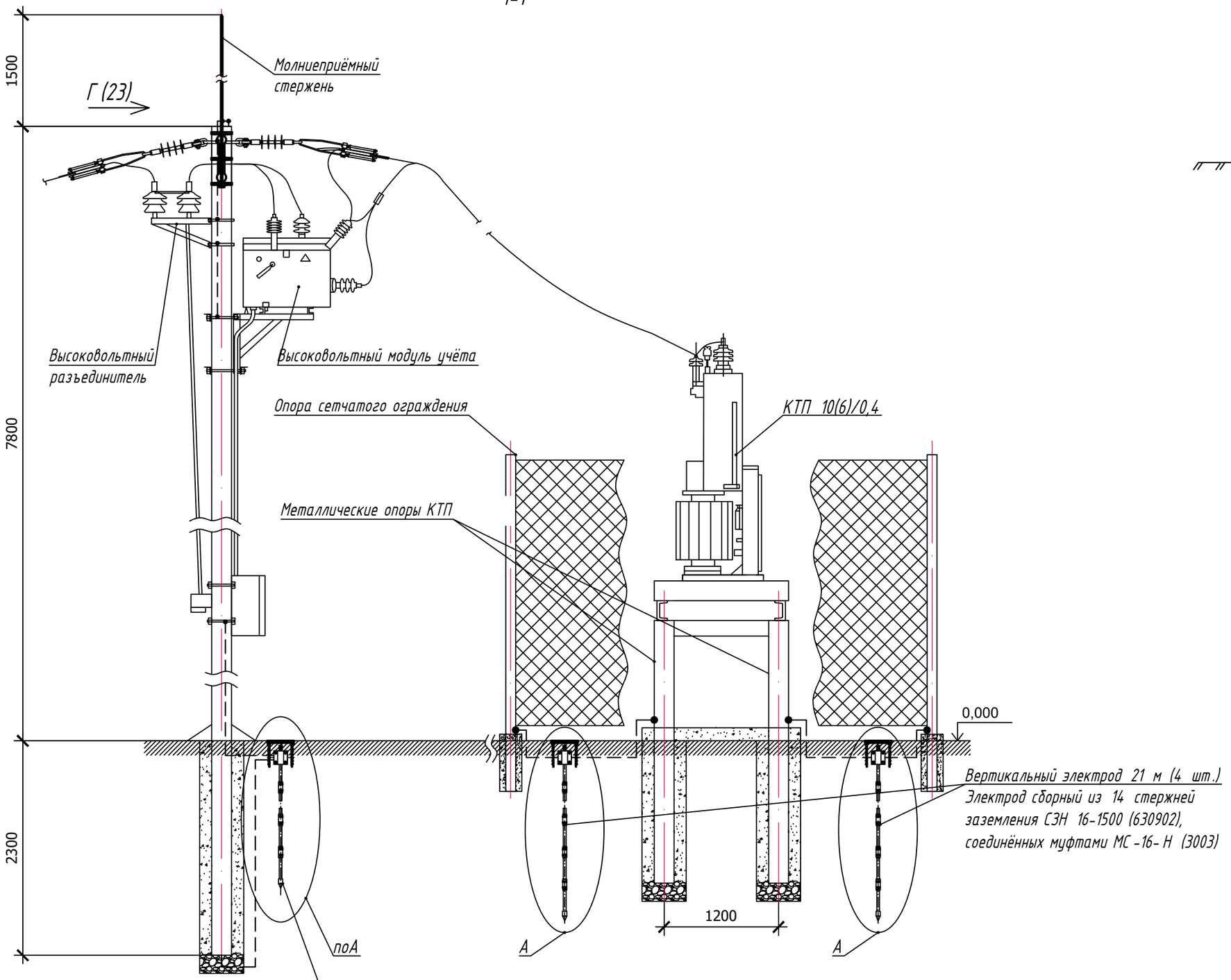
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. План.	Лит.	Лист 6 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал Формат А3

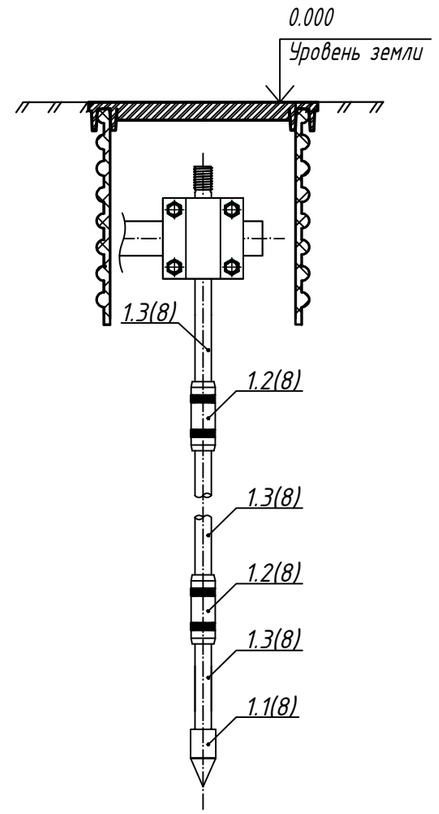
Перв. примен.

Справ. №

1-1



Узел А



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250			
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. Разрез 1-1, Узел А.	Лит.	Лист	Листов
Пров.							7	
Н.контр					ООО «БОЛТА»			
Утв.								

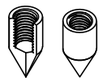
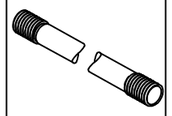
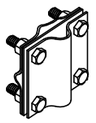
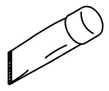
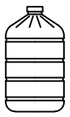
Копировал

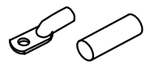
Формат А3

Перв. примен.

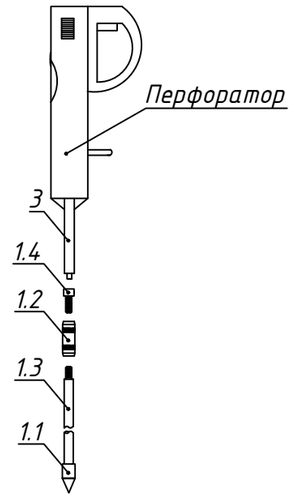
Справ. №

Спецификация материалов, необходимых для заземляющих устройств КТП и ж.б опоры

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Типовой вертикальный электрод заземления	4	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:					
1,1		4002	Стартовый наконечник М-16	1	шт.
1,2		3003	Муфта соединительная МС-16	14	шт.
1,3		630902	Стержень заземления СЗН-16-1500	14	шт.
1,4		5002	Болт ударопрёмный БУ-16	1	шт.
1,5		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1.6		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1.7		630702	Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.8			Паста контактная проводящая	0,2	тюбик
1.9		SX-3	Заполнитель грунтовый	4/1	кг / бут.

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
2			Катанка медная Ø8 мм*	23	м
3		SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.
4		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	10	шт.

Порядок монтажа вертикального электрода



*Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах (см. расчёт лист 4):

1. Медная полоса 25 х 3 мм (арт.765530);
2. Катанка медная 8 мм;
3. Сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. КТП, ж/б опора. Спецификация.	Лит.	Лист 8 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.
Справ. №

Расчёт электролитического заземляющего устройства КТП

Комплекты горизонтального электролитического заземления используются на объектах, где ограничена возможность применения глубинных вертикальных электродов (вечная мерзлота или скальные породы на небольшой глубине)
Пример расчета контура заземления для КТП.
Исходные данные:
Удельное сопротивление грунта - 150 Ом·м. Климатическая зона - II.
Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 4 Ом.
Решение: используя формулы на листе 3, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства.

Выполняем расчёт:

1) Т.к. в данной конфигурации используется активный электролитический электрод длиной 5 м то его сопротивление считаем по формуле для вертикальных электродов:

$$R_B = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_B} \cdot \left(ln\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \cdot \left(ln\left(\frac{2 \cdot 5}{0,016}\right) + \frac{1}{2} ln\left(\frac{4 \cdot 3,7+5}{4 \cdot 3,7-5}\right)\right) = 32,4 \text{ Ом*}$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B = 1,2 + \frac{1}{2} \cdot 5 = 3,7$ м.

2) Количество необходимых вертикальных электродов:

$n = \frac{R_B}{R_н \cdot K_{ив}} = \frac{32,4}{4 \cdot 0,95} = 8,5 \approx 9$ шт., округляем до ближайшего большего целого числа.

Суммарное сопротивление вертикальных заземлитлей. Использование электролитического заземления позволяет поднять коэффициент использования вертикальных электродов $K_{ив}$ до 0,95:

$$R\sum = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{32,4}{9 \cdot 0,95} = 3,8 \text{ Ом}$$

3) Сопротивление горизонтального заземлителя. Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах: медная полоса 25 х 3 мм, катанка медная 8 мм или сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм. Делаем расчёт сопротивления каждого варианта. В дальнейших расчётах берём вариант с наибольшим сопротивлением горизонтального заземлителя, считая что при удовлетворении наибольшего варианта нормативному значению - остальные варианты тоже будут рабочими.
Длина горизонтального заземлителя равна 16 м

3.1) Горизонтальный заземлитель - катанка медная 8 мм.

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 16}\right) \cdot ln\left(\frac{16^{\,2}}{0,001 \cdot 0,7}\right) = 19,12 \text{ Ом.}$$

3.2) Горизонтальный заземлитель - медная полоса 25 х 3.

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 16}\right) \cdot ln\left(\frac{16^{\,2}}{0,02 \cdot 0,7}\right) = 14,65 \text{ Ом.}$$

3.3) Горизонтальный заземлитель - стальная полоса 40 х 4 мм.

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 16}\right) \cdot ln\left(\frac{16^{\,2}}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 13,62 \text{ Ом.}$$

4) Сопротивление горизонтальных заземлитлей с учетом коэффициента использования:
Из расчёта сопротивления горизонтального заземлителя (п.3) следует что наибольшее сопротивление имеет заземлитель из катанки медной Ø8 мм. В дальнейших расчётах применяем этот вариант, считая что при удовлетворении наибольшего варианта нормативному значению - остальные варианты тоже будут рабочими.

4.1) Горизонтальный заземлитель - катанка медная 8 мм.

$$R\sum_г = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}} = \frac{19,12 \cdot 1,65}{0,64} = 49,3 \text{ Ом.}$$

5) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R\sum \cdot R\sum_г}{R\sum + R\sum_г} = \frac{3,8 \cdot 49,3}{3,8 + 49,3} = 3,5 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

Итого принимаем заземляющее устройство КТП из 9 5-х метровых электролитических электродов горизонтального исполнения, и соединяющего их горизонтального заземлителя длиной 16 м.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Примечание:
* - Применение заполнителя грунтового SX-3 позволяет пренебречь сезонной корректировкой. Расчет сопротивления одиночного вертикального электрода приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта;

					BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. КТП. Расчёт.
Пров.					Лит. / Лист 9 / Листов
Н.контр					ООО «БОЛТА»
Утв.					

Расчёт электролитического заземляющего устройства ж / б опоры

Комплекты горизонтального электролитического заземления используются на объектах, где ограничена возможность применения глубинных вертикальных электродов (вечная мерзлота или скальные породы на небольшой глубине)

Пример расчета контура заземления для железобетонной опоры ВЛ 6/10 кВ.

Исходные данные:

Удельное сопротивление грунта - 150 Ом·м. Климатическая зона - II.

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 30 Ом.

Решение: используя формулы на листе 3, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства.

Выполняем расчёт:

1) Т.к. в данной конфигурации используется активный электролитический электрод длиной 6 м то его сопротивление считаем по формуле для вертикальных электродов:

$$R_B = \frac{P_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_B} \cdot \left(ln\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \cdot \left(ln\left(\frac{2 \cdot 6}{0,016}\right) + \frac{1}{2} ln\left(\frac{4 \cdot 3,7+6}{4 \cdot 3,7-6}\right)\right) = 28,07 \text{ Ом*}$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 3,7$ м.

2) Сопротивление вертикального заземлитля с учётом коэффициента использования
Использование электролитического заземления позволяет поднять коэффициент использования вертикальных электродов $K_{ив}$ до 0,95:

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{28,07}{1 \cdot 0,95} = 29,5 \text{ Ом}$$

3) Т.к. заземляющее устройство ж / б опоры состоит из одного вертикального электрода принимаем сопротивление заземляющего устройства равным 29,5 Ом < 30 Ом

Перв. примен.

Справ. №

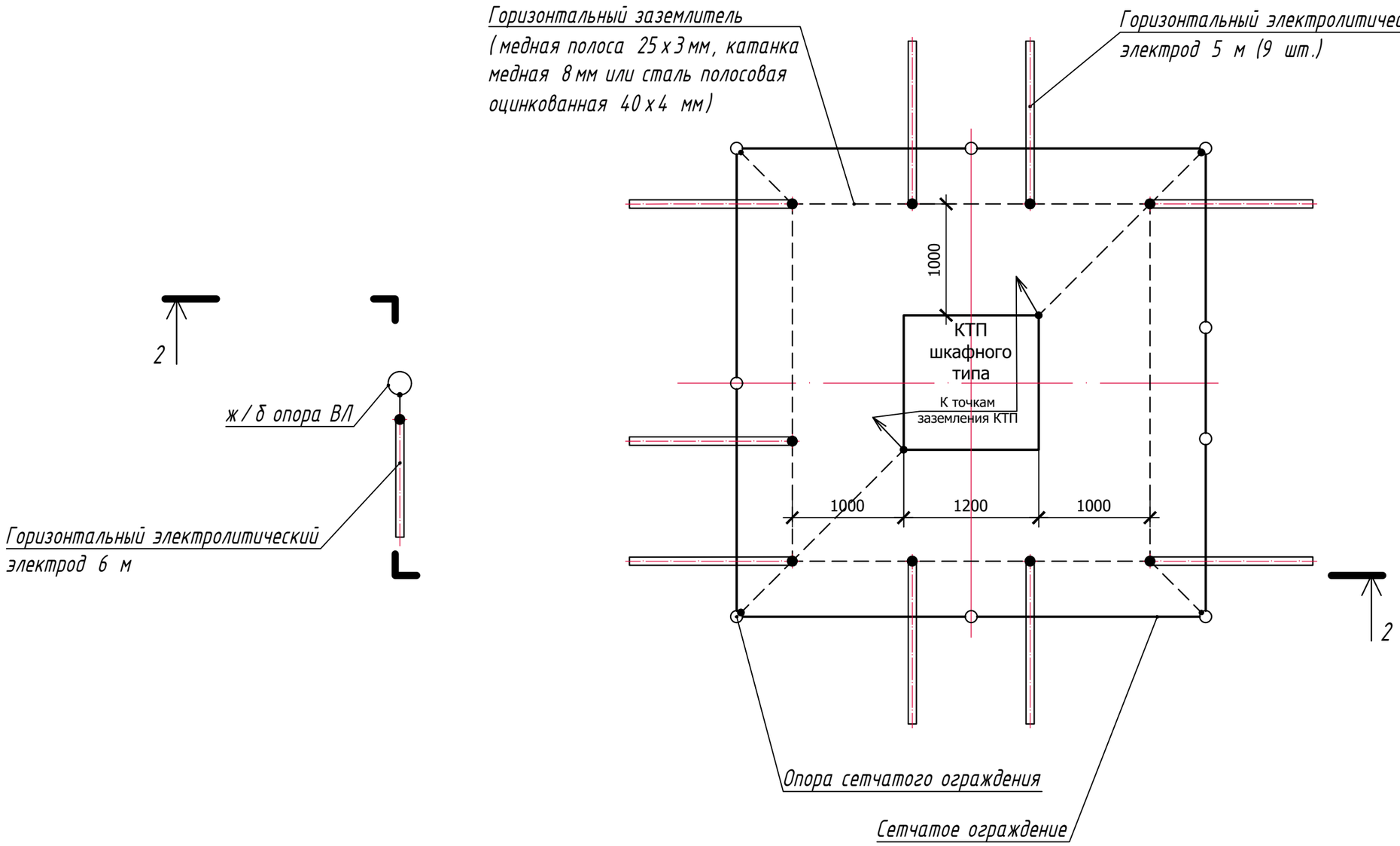
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -3М -КТП -25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Ж / б опора. Расчёт.	Лит.	Лист 10 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. План.	Лит.	Лист 11 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

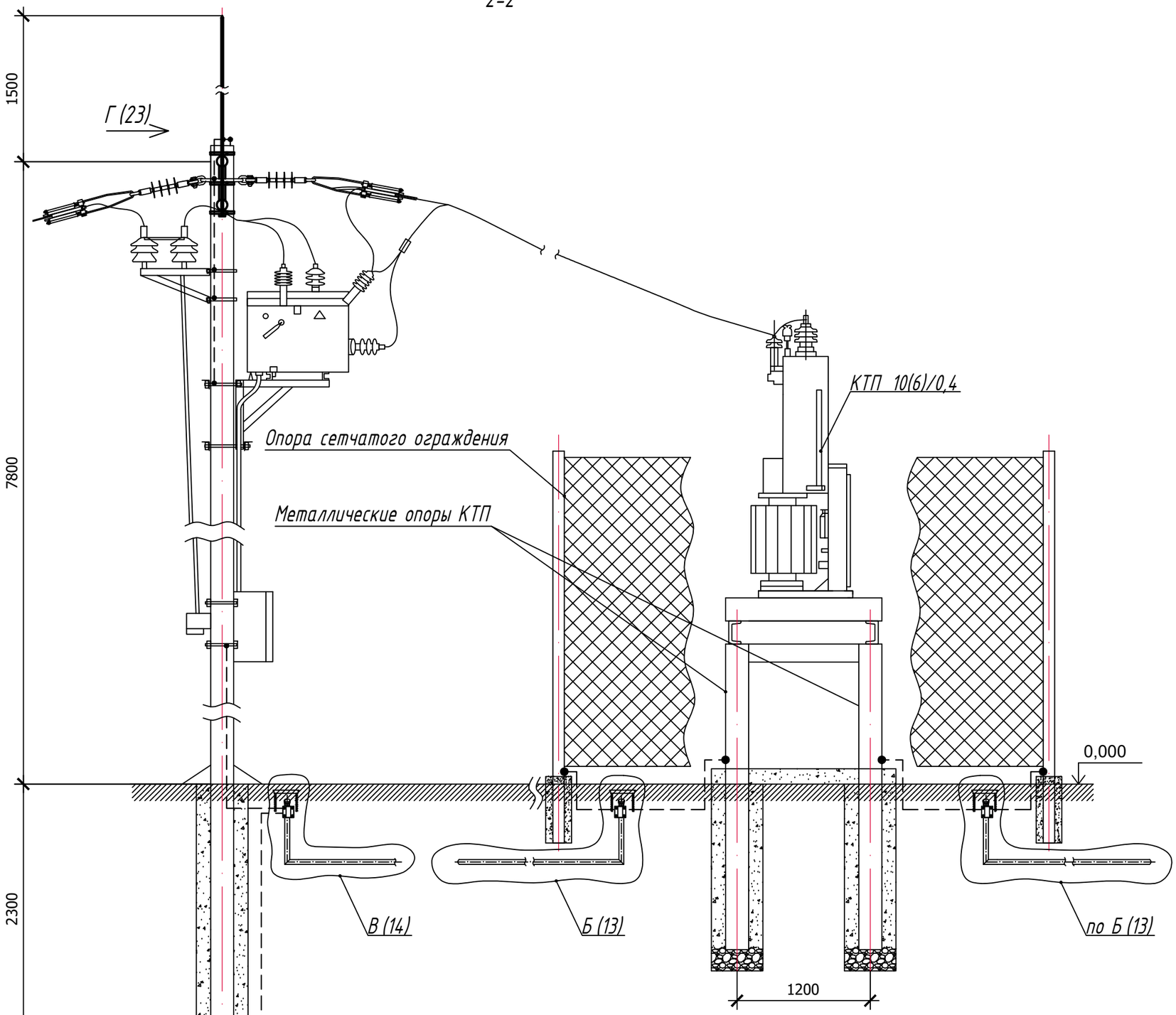
Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

2-2



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. КТП шкафного типа, ж/б опора. Разрез 2-2.	Лит.	Лист 12 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

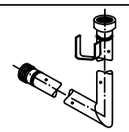
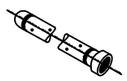
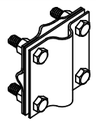
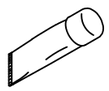
Копировал

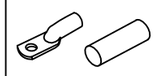
Формат А3

Перв. примен.

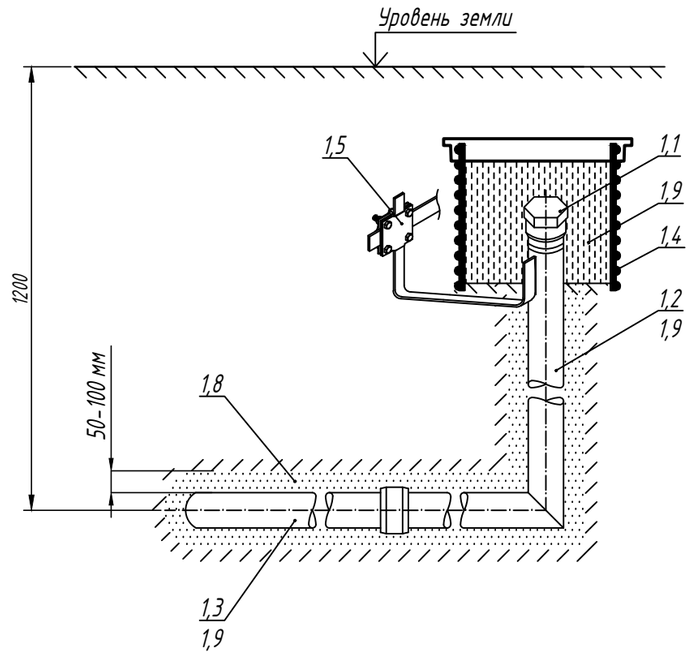
Справ. №

Спецификация материалов, необходимых для заземляющего устройства КТП

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Электролитический электрод заземления горизонтального исполнения	9	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:					
1,1		ГМ-58	Головка монтажная	1	шт.
1,2		ЭЗУ-60 х 4-2500	Электрод заземления угловой, стенка 4 мм L=2,5 м	1	шт.
1,3		ЭЗК-60 х 4-2500	Электрод заземления концевой, стенка 4 мм L=2,5 м	1	шт.
1,4		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1,5		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1.6		630702	Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.7			Паста контактная проводящая	0,2	тюбик
1.8			Активатор грунта	30/1	кг / мешок
1.8			Электролитическая смесь	15/1	кг / мешок

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
2			Катанка медная Ø8 мм*	23	м
3		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	9	шт.

Узел Б



*Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах (см. расчёт лист 4):

1. Медная полоса 25 х 3 мм (арт.765530);
2. Катанка медная 8 мм;
3. Сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм.

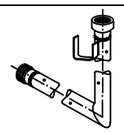
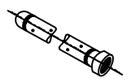
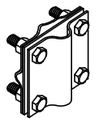
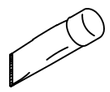
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство КТП на основе электролитических горизонтальных электродов. Спецификация, узел Б.	Лит.	Лист 13 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

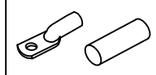
Копировал Формат А3

Перв. примен.

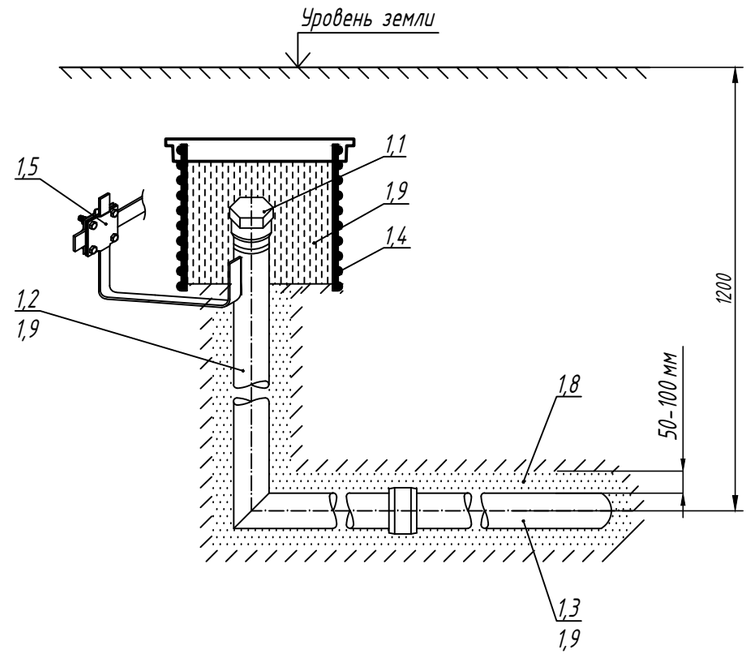
Справ. №

Спецификация материалов, необходимых для заземляющего устройства ж/б опоры

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Электролитический электрод заземления горизонтального исполнения	9	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:					
1,1		ГМ-58	Головка монтажная	1	шт.
1,2		ЭЗУ-60х4-3000	Электрод заземления угловой, стенка 4 мм L=3,0 м	1	шт.
1,3		ЭЗК-60х4-3000	Электрод заземления концевой, стенка 4 мм L=3,0 м	1	шт.
1,4		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1,5		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1.6		630702	Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.7			Паста контактная проводящая	0,2	тюбик
1.8			Активатор грунта	30/1	кг/мешок
1.8			Электролитическая смесь	15/1	кг/мешок

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
3		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	1	шт.

Узел В



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство ж/б опоры на основе электролитических горизонтальных электродов. Спецификация, узел В.	Лит.	Лист 14 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

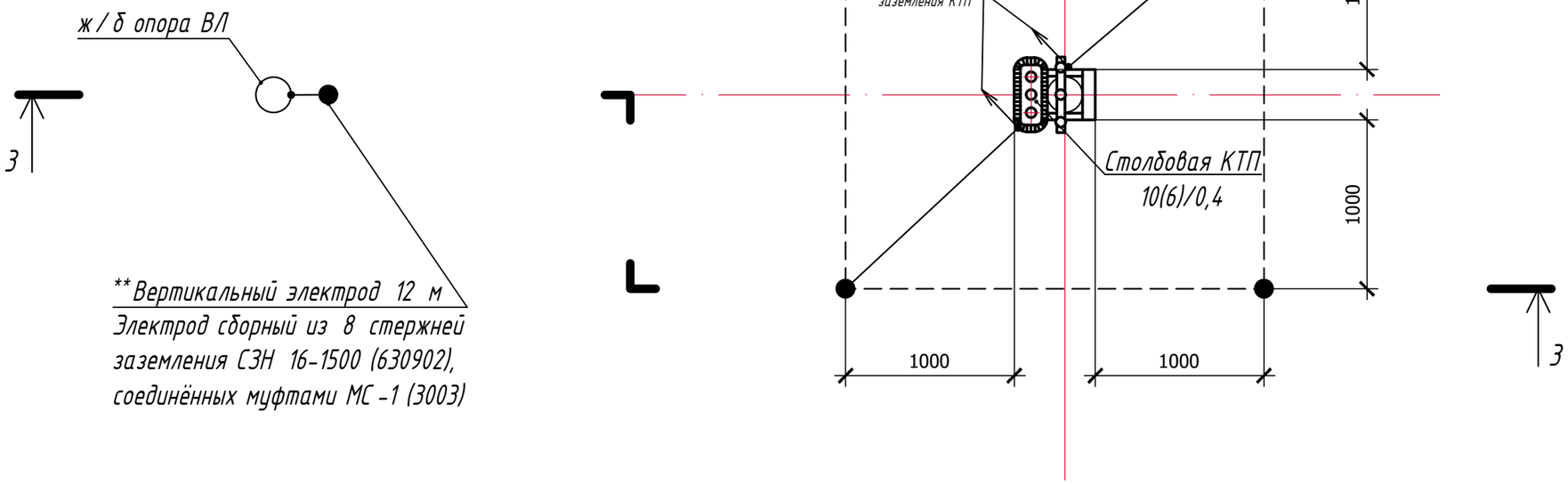
Перв. примен.

Справ. №

План

*Вертикальный электрод 21 м (4 шт.)
Электрод сборный из 14 стержней заземления СЗН 16-1500 (630902), соединённых муфтами МС-1 (3003)

*Горизонтальный заземлитель (медная полоса 25 х 3 мм, катанка медная 8 мм или сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм)



**Вертикальный электрод 12 м
Электрод сборный из 8 стержней заземления СЗН 16-1500 (630902), соединённых муфтами МС-1 (3003)

*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП см. лист 4
**Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры см. лист 5

Общую спецификацию материалов, необходимых для заземляющих устройств КТП и ж.б опоры см. лист 8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Столбовая КТП, ж/б опора. План.	Лит.	Лист 15 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

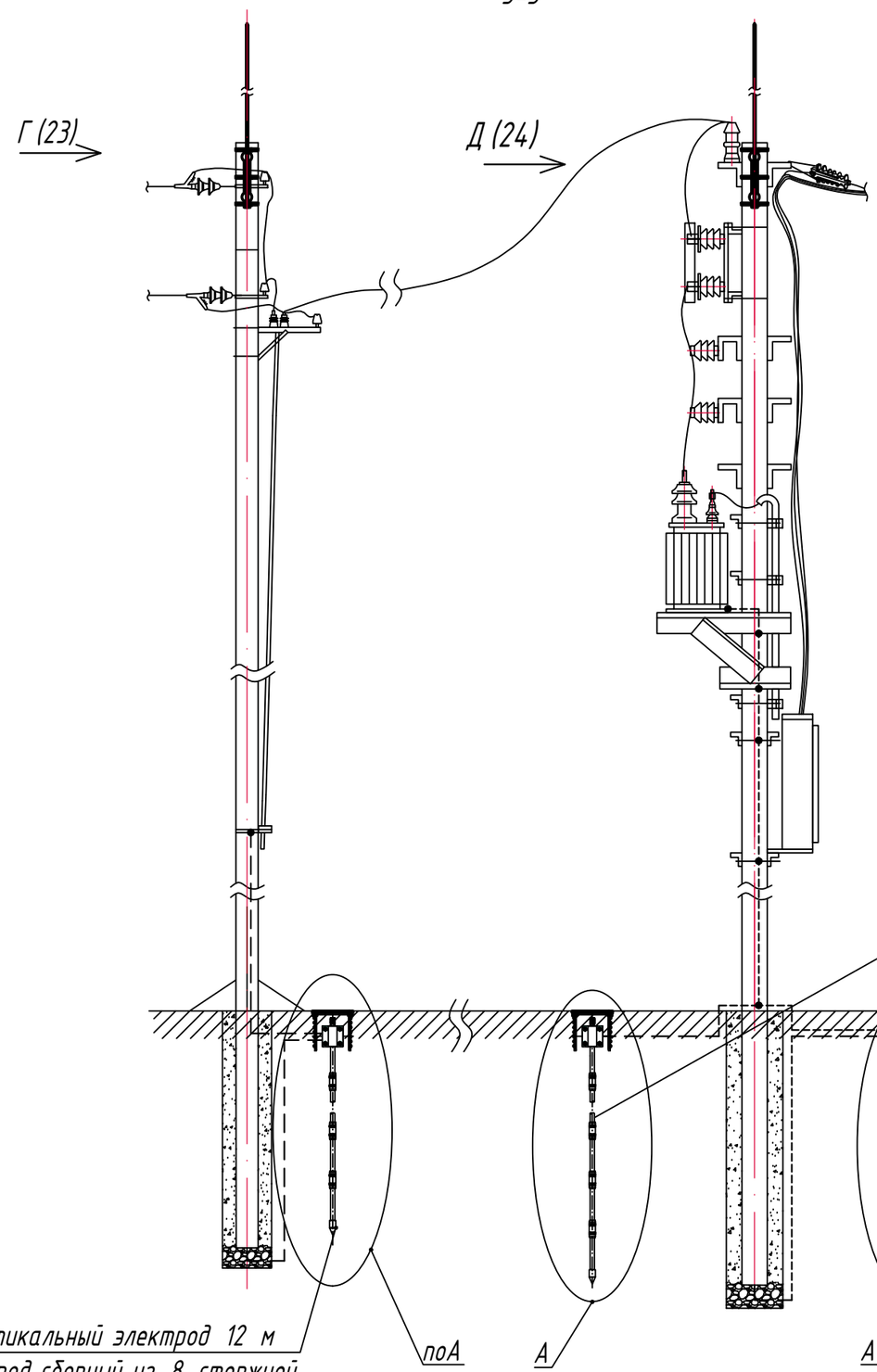
Копировал

Формат А3

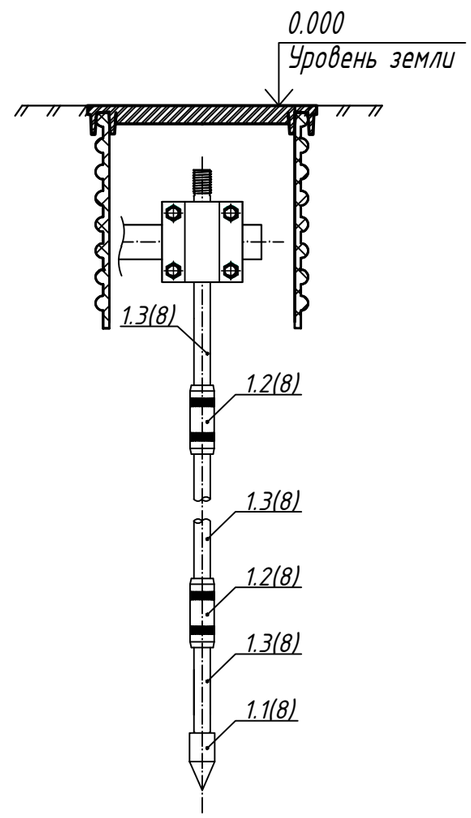
Перв. примен.

Справ. №

3-3



Узел А



*Вертикальный электрод 21 м (4 шт.)
Электрод сборный из 14 стержней заземления СЗН 16-1500 (630902), соединённых муфтами МС-16-Н (3003)

**Вертикальный электрод 12 м
Электрод сборный из 8 стержней заземления СЗН 16-1500 (630902), соединённых муфтами МС-1 (3003)

*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП см. лист 4
**Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры см. лист 5

Общую спецификацию материалов, необходимых для заземляющих устройств КТП и ж.б опоры см. лист 8.
Спецификацию материалов, необходимых для молниезащиты ж/б опоры см. лист 23

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Столбовая КТП, ж/б опора. Разрез 3-3, узел А.	Лит.	Лист 16 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

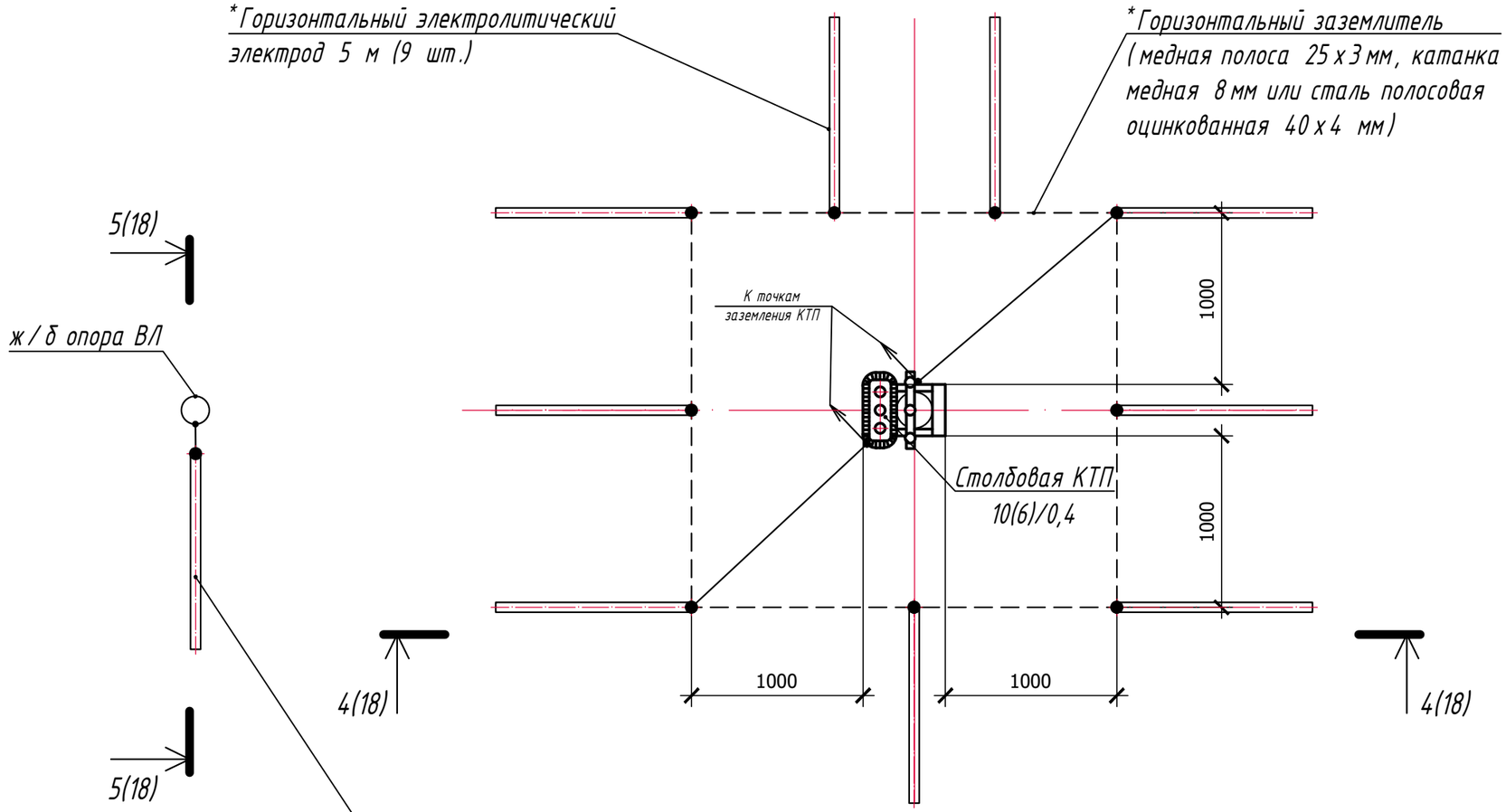
Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План



**Горизонтальный электролитический электрод 6 м.

*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 9. Спецификацию изделий и материалов см.лист 13.

**Расчёт заземляющего устройства ж / б опоры на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 10. Спецификацию изделий и материалов см.лист 14.

Спецификацию материалов, необходимых для молниезащиты ж / б опоры см. лист 23

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -ЗМ -КТП -25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Столбовая КТП и ж / б опора. План.	Лит.	Лист 17 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

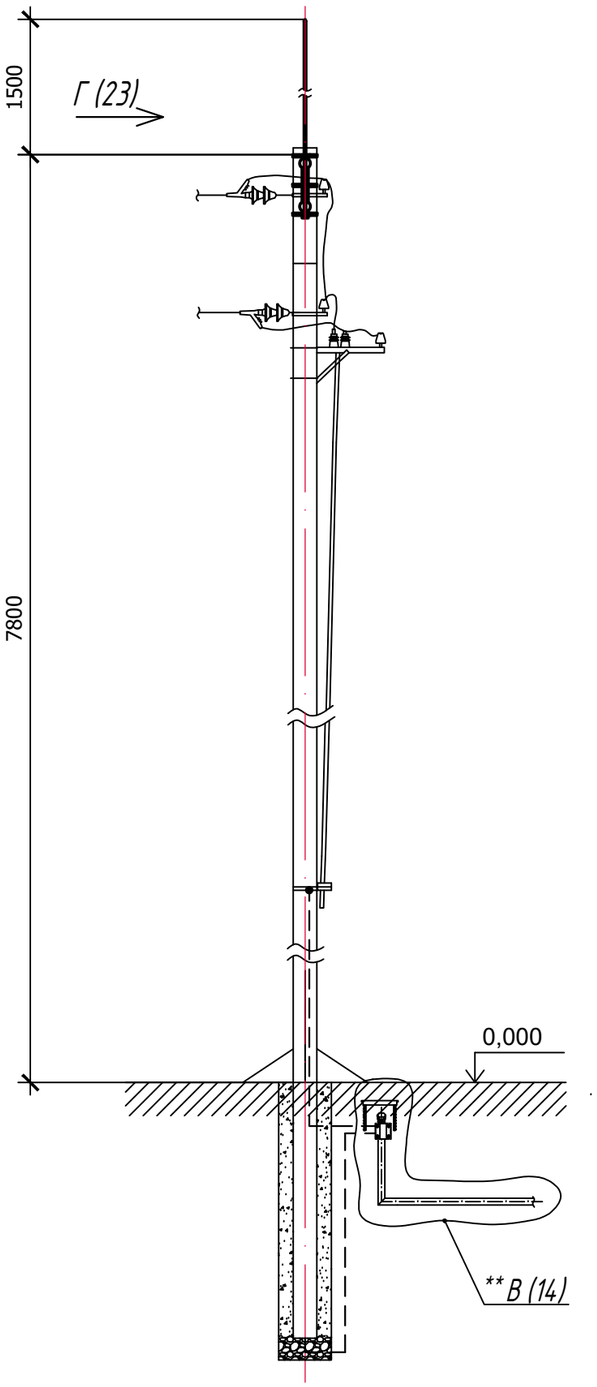
Копировал

Формат А3

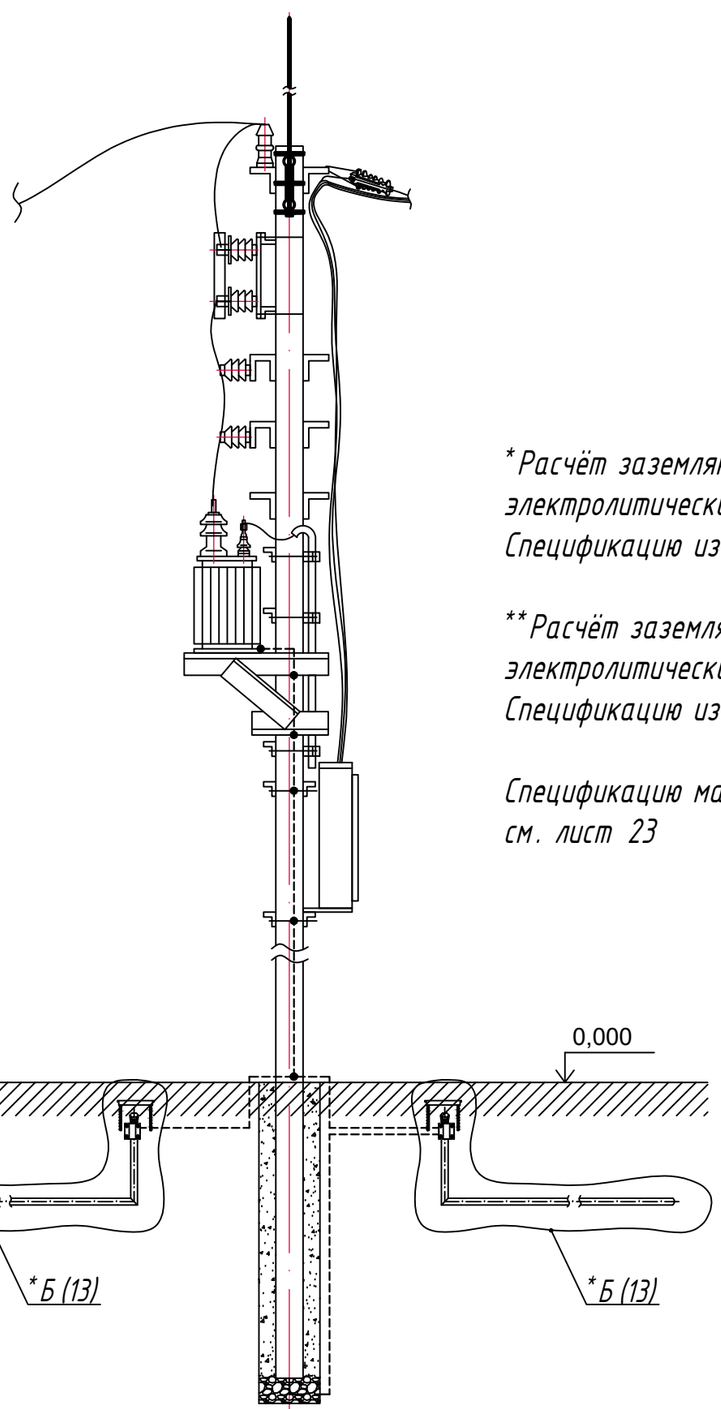
Перв. примен.

Справ. №

5-5



4-4



*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 9. Спецификацию изделий и материалов см.лист 13.

**Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 10. Спецификацию изделий и материалов см.лист 14.

Спецификацию материалов, необходимых для молниезащиты ж/б опоры см. лист 23

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Столбовая КТП и ж/б опора. Разрезы 4-4, 5-5.	Лит.	Лист 18 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

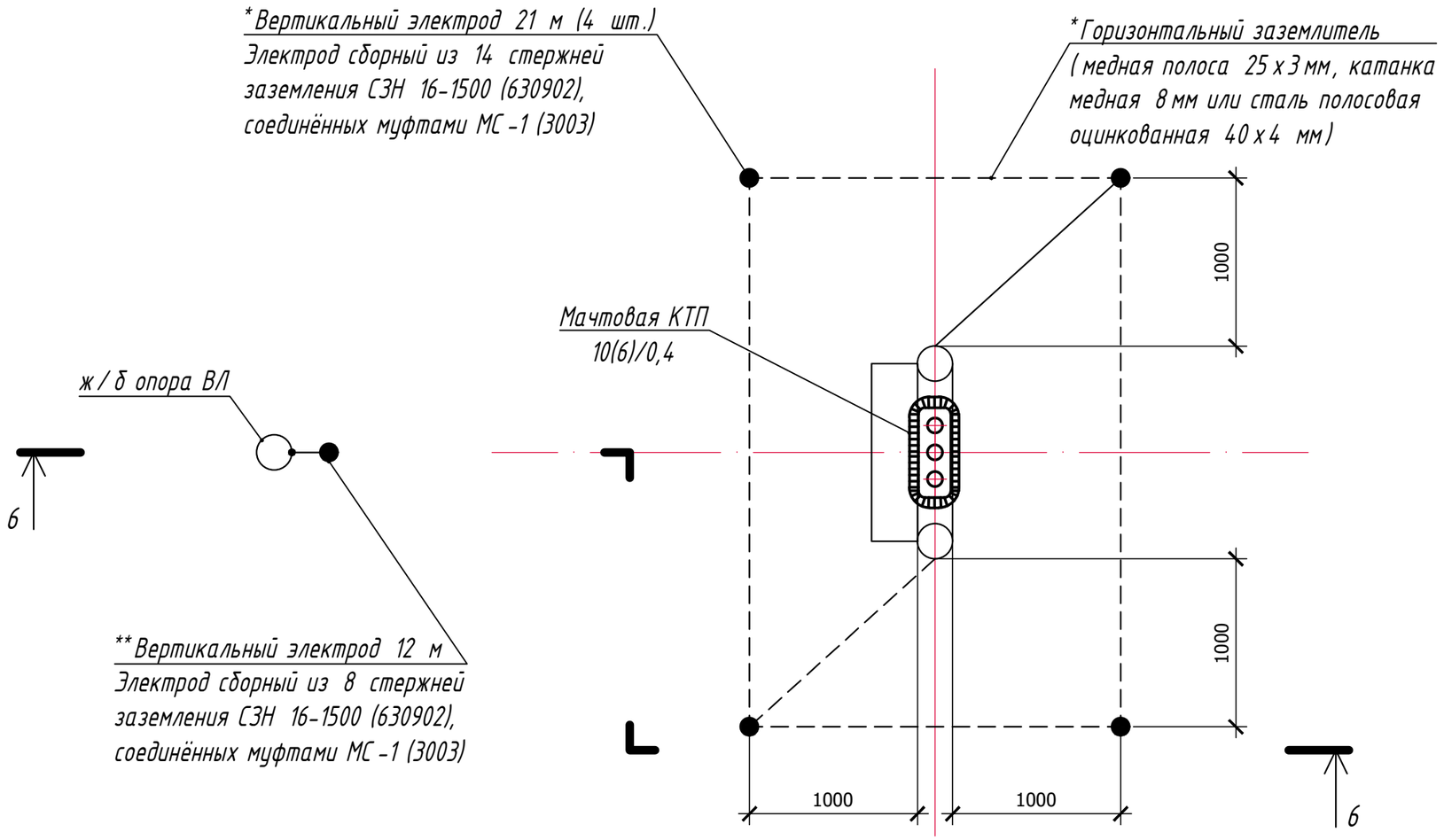
Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План



*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП см. лист 4
**Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры см. лист 5

Общую спецификацию материалов, необходимых для заземляющих устройств КТП и ж.б опоры см. лист 8.

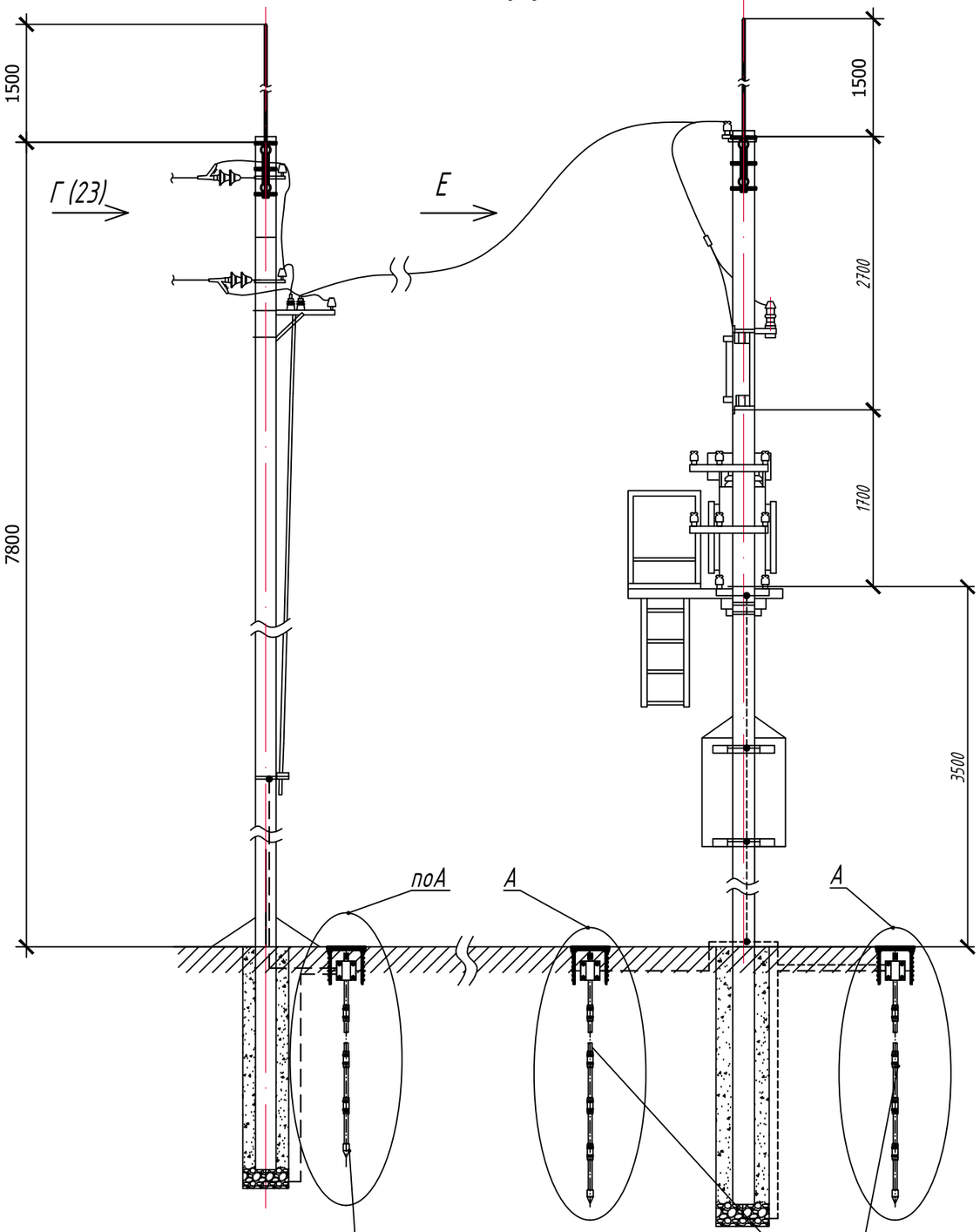
					BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Мачтовая КТП, ж/б опора. План.
Пров.					Лит. / Лист 19 / Листов
Н.контр					ООО «БОЛТА»
Утв.					

Копировал Формат А3

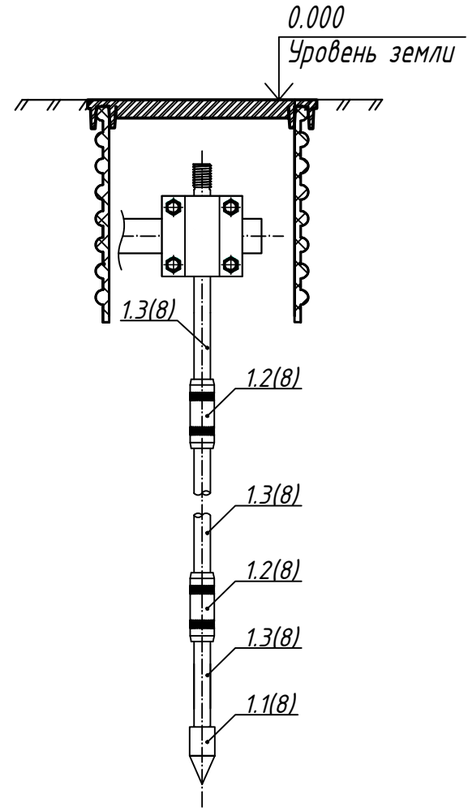
Перв. примен.

Справ. №

6-6



Узел А



**Вертикальный электрод 12 м
Электрод сборный из 8 стержней заземления СЗН 16-1500 (630902), соединённых муфтами МС-1 (3003)

*Вертикальный электрод 21 м (4 шт.)
Электрод сборный из 14 стержней заземления СЗН 16-1500 (630902), соединённых муфтами МС-16-Н (3003)

*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП см. лист 4
**Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры см. лист 5

Общую спецификацию материалов, необходимых для заземляющих устройств КТП и ж.б опоры см. лист 8.
Спецификацию материалов, необходимых для молниезащиты ж/б опоры см. лист 23

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Мачтовая КТП, ж/б опора. Разрез 6-6, узел А.	Лит.	Лист 20 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

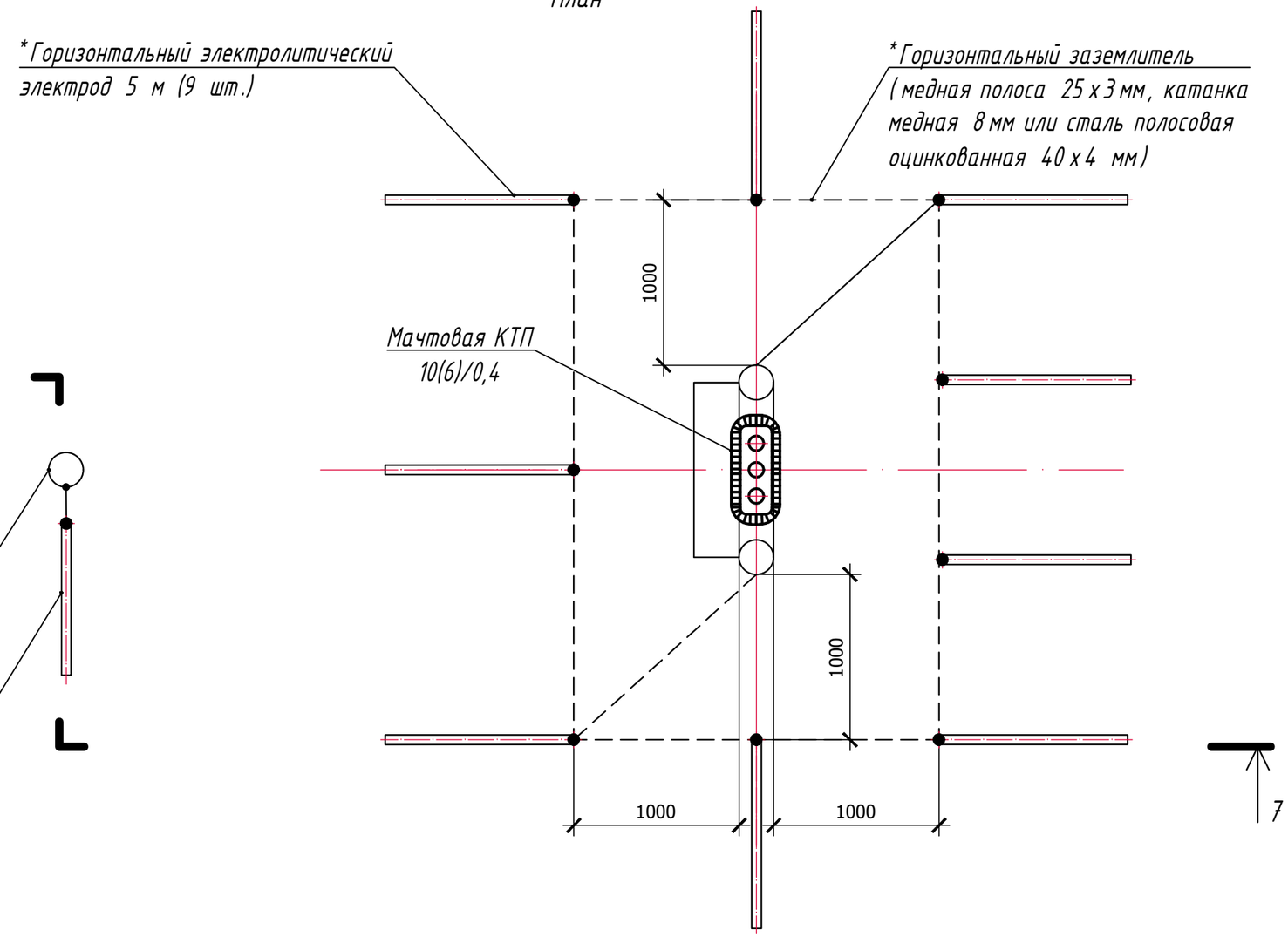
Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План



*Расчёт заземляющего устройства столбовой КТП на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 9. Спецификацию изделий и материалов см.лист 13.

**Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 10. Спецификацию изделий и материалов см.лист 14.

Спецификацию материалов, необходимых для молниезащиты ж/б опоры см. лист 23

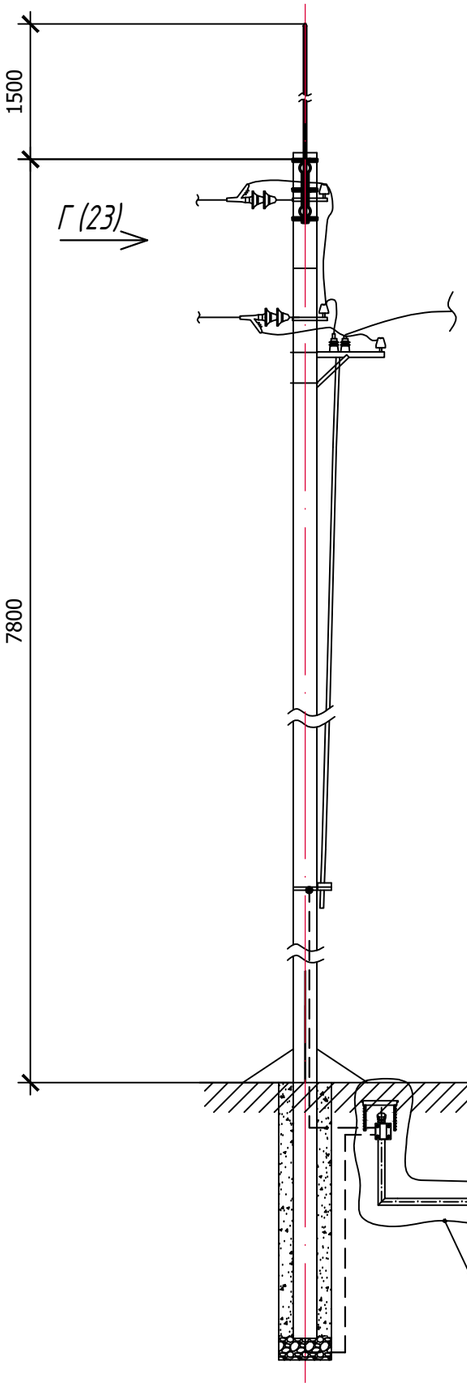
					BOLTA- ТП-3М-КТП-25-250
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Мачтовая КТП и ж/б опора. План.
Пров.					
Н.контр					
Утв.					

Лит.	Лист	Листов
	21	

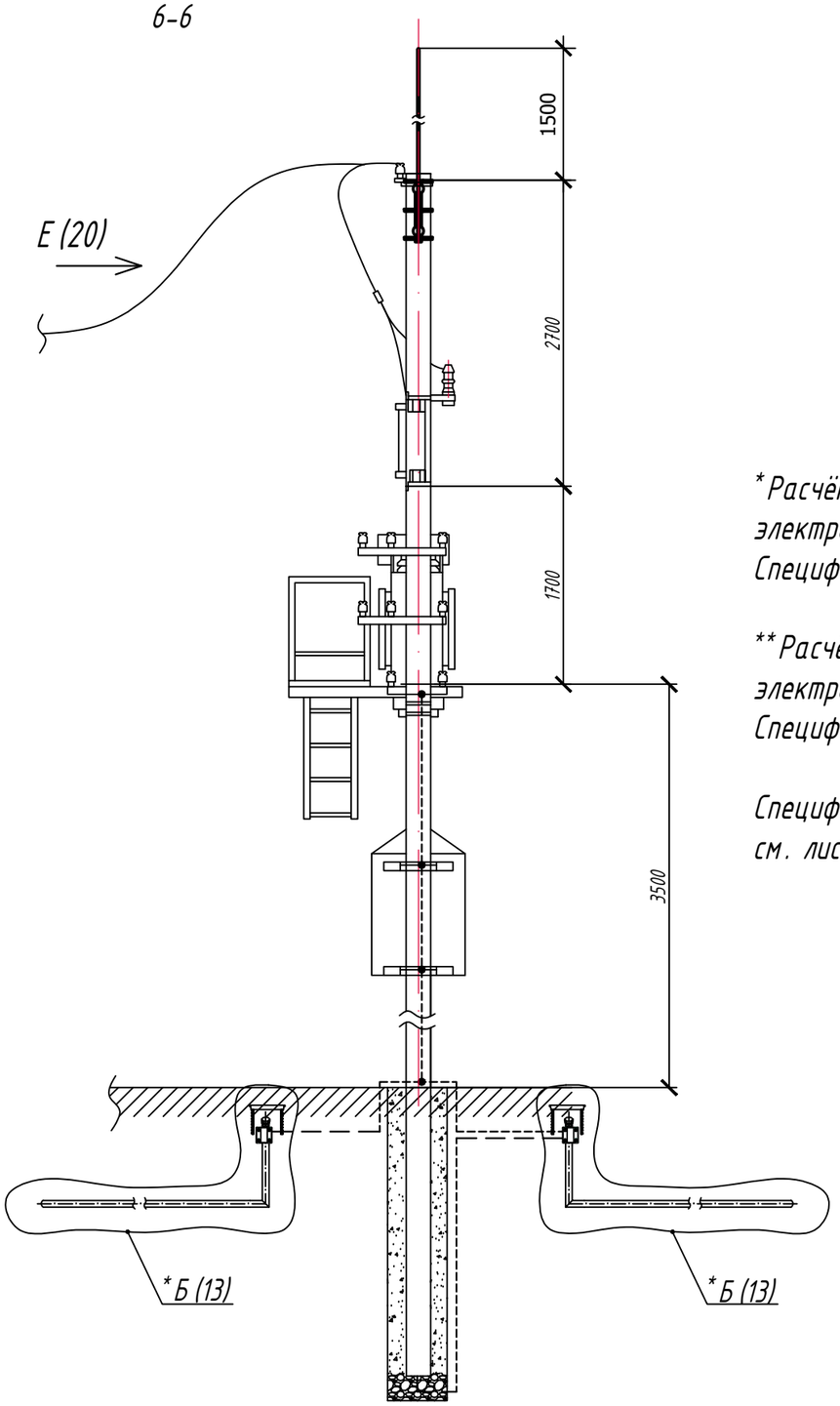
ООО «БОЛТА»

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №



6-6



**Расчёт заземляющего устройства мачтовой КТП на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 9. Спецификацию изделий и материалов см.лист 13.*

***Расчёт заземляющего устройства ж/б опоры на основе электролитических горизонтальных электродов см. лист 10. Спецификацию изделий и материалов см.лист 14.*

Спецификацию материалов, необходимых для молниезащиты ж/б опоры см. лист 23

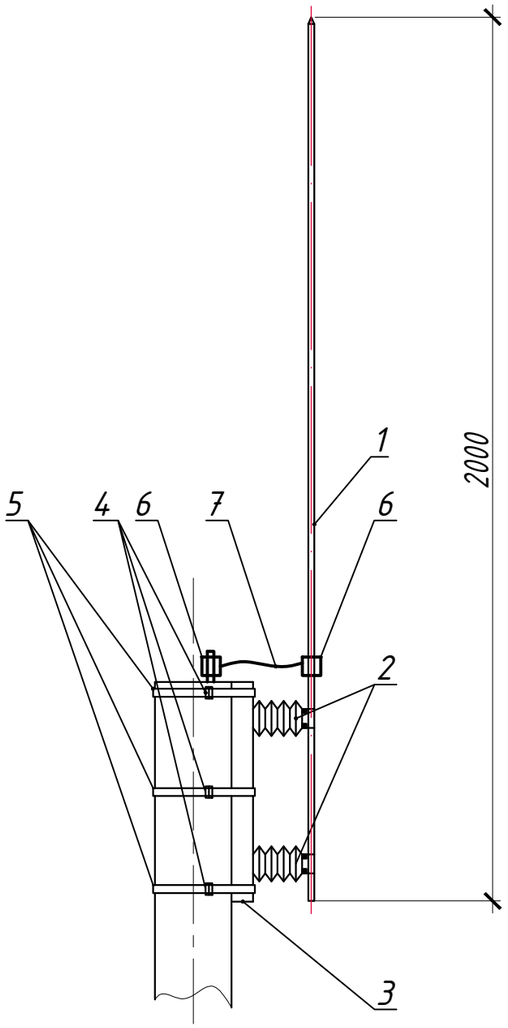
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-КТП-25-250		
Разраб.					Заземляющее устройство на основе электролитических горизонтальных электродов. Мачтовая КТП и ж/б опора. Разрез 6-6.	Лит.	Лист 22 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Вид Г (12, 17)



Спецификация изделий и материалов

Поз	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1	Стержень сборный молниеприемный. D=16 мм, L=2000 мм	1	шт.
2	Изолятор полиамидный U до 1000 В	2	шт.
3	Базовая стойка П профиль 29 х 48 х 29 мм, L=500 мм	1	шт.
4	Лента бандажная СОТ 37 L=4000 мм	1	шт.
5	Скрепа бандажная для СОТ 37	3	шт.
6	Универсальный зажим прутка / троса МК-ZP8	2	шт.
7	Токоотвод трос алюминиевый неизолированный ⌀11 мм (442564)	1	м

1. Молниеприемник закрепляется через изоляторы к базовой стойке болтами М8
2. Базовая стойка закрепляется к столбу бандажной лентой СОТ 37 в 3 точках
3. Токоотвод (стальной трос 8 мм или стальной пруток 8 мм) подключается к молниеприемнику через универсальный зажим

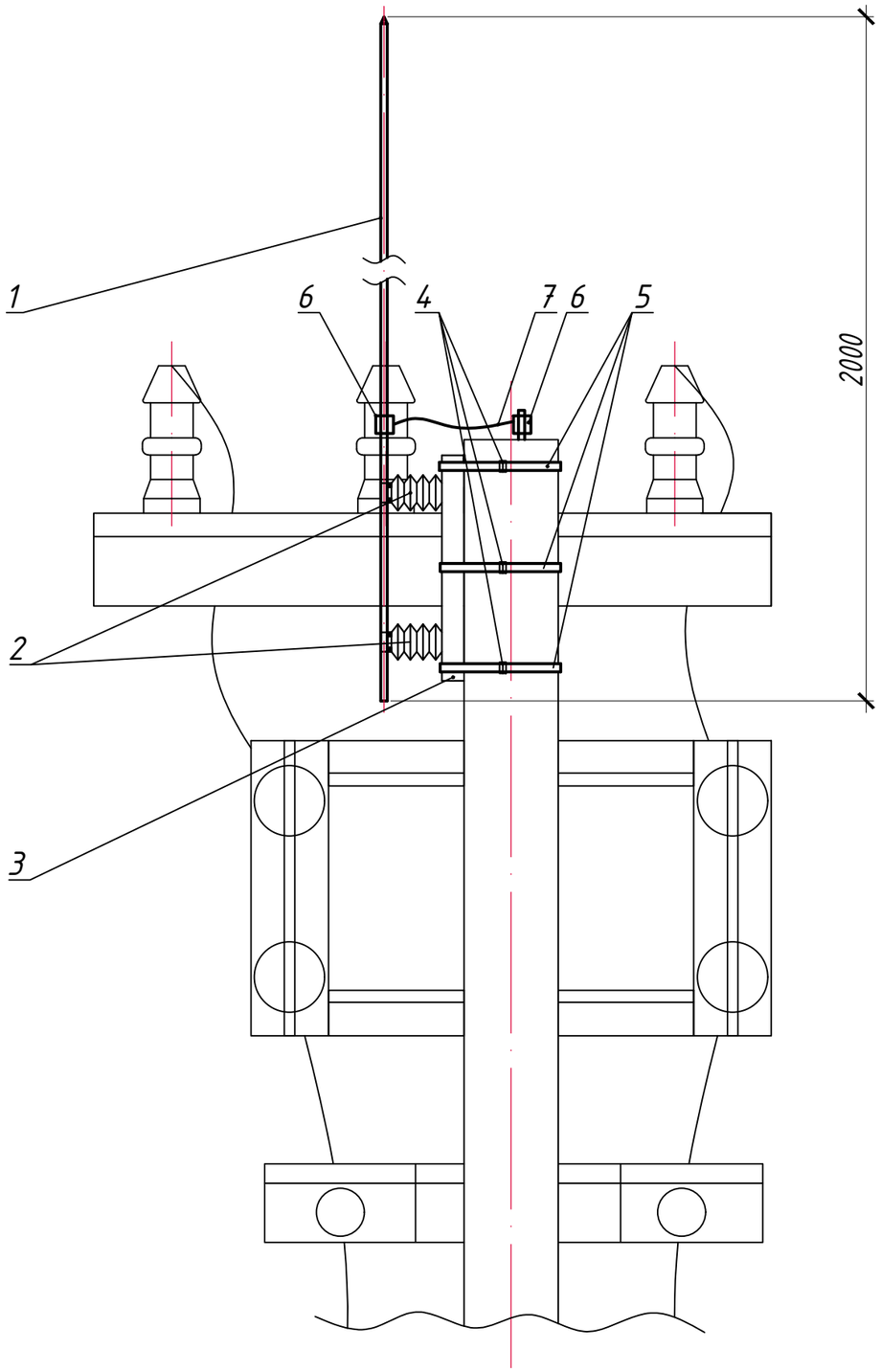
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Молниезащита ж/б опоры. Вид Г.	Лит.	Лист 23 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Вид Д



Спецификация изделий и материалов

Поз	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1	Стержень сборный молниеприемный. D=16 мм, L=2000 мм	1	шт.
2	Изолятор полиамидный U до 1000 В	2	шт.
3	Базовая стойка П профиль 29 х 48 х 29 мм, L=500 мм	1	шт.
4	Лента бандажная СОТ 37 L=4000 мм	1	шт.
5	Скрепа бандажная для СОТ 37	3	шт.
6	Универсальный зажим прутка / троса МК-ZP8	2	шт.
7	Токоотвод трос алюминиевый неизолированный ⌀11 мм (442564)	1	м

1. Молниеприемник закрепляется через изоляторы к базовой стойке болтами М8
2. Базовая стойка закрепляется к столбу бандажной лентой СОТ 37 в 3 точках
3. Токоотвод (стальной трос 8 мм или стальной пруток 8 мм) подключается к молниеприемнику через универсальный зажим

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Молниезащита столбовой КТП. Вид Д.	Лит.	Лист 24 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

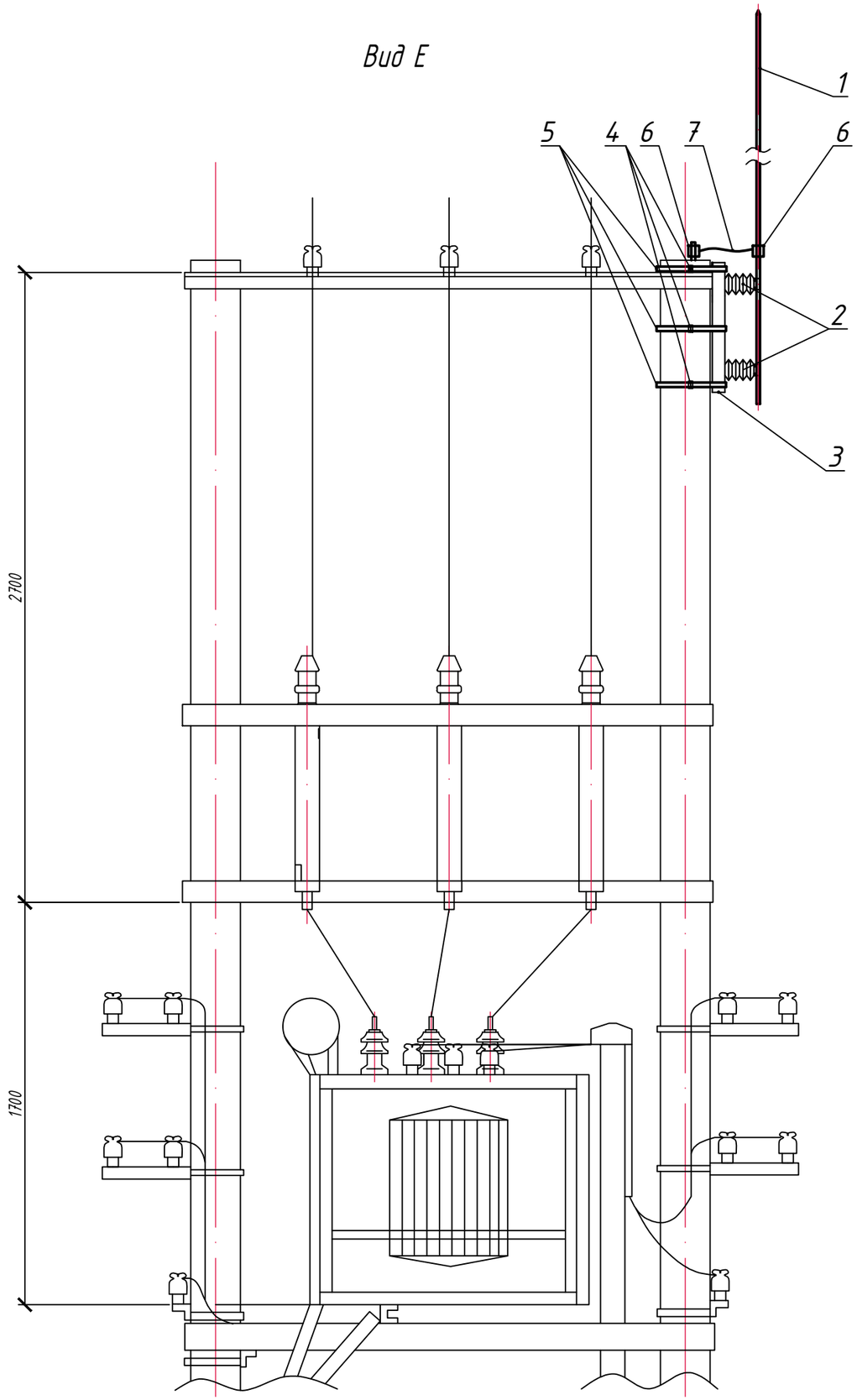
Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Вид Е



Спецификация изделий и материалов

Поз	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1	Стержень сборный молниеприемный. D=16 мм, L=2000 мм	1	шт.
2	Изолятор полиамидный U до 1000 В	2	шт.
3	Базовая стойка П профиль 29 х 48 х 29 мм, L=500 мм	1	шт.
4	Лента бандажная СОТ 37 L=4000 мм	1	шт.
5	Скрепа бандажная для СОТ 37	3	шт.
6	Универсальный зажим прутка / троса МК-ZP8	1	шт.
7	Токоотвод трос алюминиевый неизолированный ⌀11 мм (442564)	1	м

1. Молниеприемник закрепляется через изоляторы к базовой стойке болтами М8
2. Базовая стойка закрепляется к столбу бандажной лентой СОТ 37 в 3 точках
3. Токоотвод (стальной трос 8 мм или стальной пруток 8 мм) подключается к молниеприемнику через универсальный зажим

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-3М-КТП-25-250		
Разраб.					Молниезащита мачтовой КТП. Вид Е.	Лит.	Лист 25	Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»		
Н.контр								
Утв.								

Копировал

Формат А3