



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	2
<b>Раздел 1 Токопроводы комплектные пофазно-экранированные генераторного напряжения 10, 20, 24, 35 кВ типа ТЭНЕ и ТЭНП</b>	
1.1. Назначение и область применения .....	3
1.2. Структура условного обозначения .....	3
1.3. Основные технические данные .....	4
1.4. Устройство токопроводов. Основные особенности конструкции, обеспечивающие высокую надежность их работы .....	5
1.5. Конструкция токопроводов .....	6
1.6. Состав и устройство токопроводов .....	9
1.7. Электрооборудование, применяемое в токопроводах генераторного напряжения .....	10
<b>Раздел 2 Токопроводы комплектные закрытые напряжением 6 и 10 кВ типа ТЗК, ТЗК(А), ТЗКР, ТЗКЭП</b>	
2.1. Назначение и область применения .....	11
2.2. Структура условного обозначения .....	11
2.3. Основные технические данные .....	11
2.4. Конструкция токопроводов .....	13
2.5. Состав и устройство токопроводов .....	17
2.6. Электрооборудование, применяемое в токопроводах закрытых напряжением 6 и 10 кВ .....	17
<b>Раздел 3 Шинопроводы комплектные закрытые напряжением 0,4 и 1,2 кВ типа ШЗК</b> .....	18
3.1. Назначение и область применения .....	18
3.2. Структура условного обозначения .....	18
3.3. Основные технические данные .....	19
3.4. Конструкция шинопроводов .....	20
3.5. Состав и устройство шинопроводов .....	20
3.6. Электрооборудование, применяемое в шинопроводах напряжением 1,2 и 0,4 кВ .....	20
<b>Раздел 4 Общие технические решения и нормы, относящиеся ко всем типам токопроводов и шинопроводов</b> .....	21
4.1. Условия эксплуатации .....	21
4.2. Условия надежности .....	21
4.3. Предельно допустимые нормы обогрева .....	22
4.4. Маркировка паспортной таблички .....	22
4.5. Комплектность поставки .....	22
4.6. Гарантии изготовителя .....	22
<b>Раздел 5 Требования к оформлению технического задания заводу по токопроводам и шинопроводам</b> .....	23

## ВВЕДЕНИЕ

От изготовления щитовых устройств, выпускаемых в первые послевоенные годы, до комплектных распределительных устройств (КРУ) 6 и 10 кВ, комплектных экранированных токопроводов генераторного напряжения и широкой гаммы закрытых токопроводов и шинопроводов напряжением 0,4-10 кВ, выпускаемых в настоящее время для различных видов электрических станций (включая атомные), подстанций, промышленности, электрификации транспорта, сельского хозяйства и других энергообъектов – путь развития нашего производства.



В настоящее время более 285000 погонных метров токопроводов и шинопроводов завода находится в эксплуатации и успешно работает в энергетике и промышленности во всех регионах России, в странах СНГ и ряде зарубежных стран.

Рис.1. Московский завод «Электрошит» (панорама завода, стадия становления, 1960-е годы).



Рис.2. Токопроводы

Выпускаемые изделия сертифицированы, обладают высокой эксплуатационной надежностью и рассчитаны для работы в различных климатических условиях, имеют экспортное, тропическое и сейсмостойкое исполнения.

Поставка токопроводов и шинопроводов с завода осуществляется укрупненными сборочными единицами (монтажными блоками, секциями) в полной заводской готовности, что обеспечивает значительное ускорение монтажа и сокращение трудозатрат.

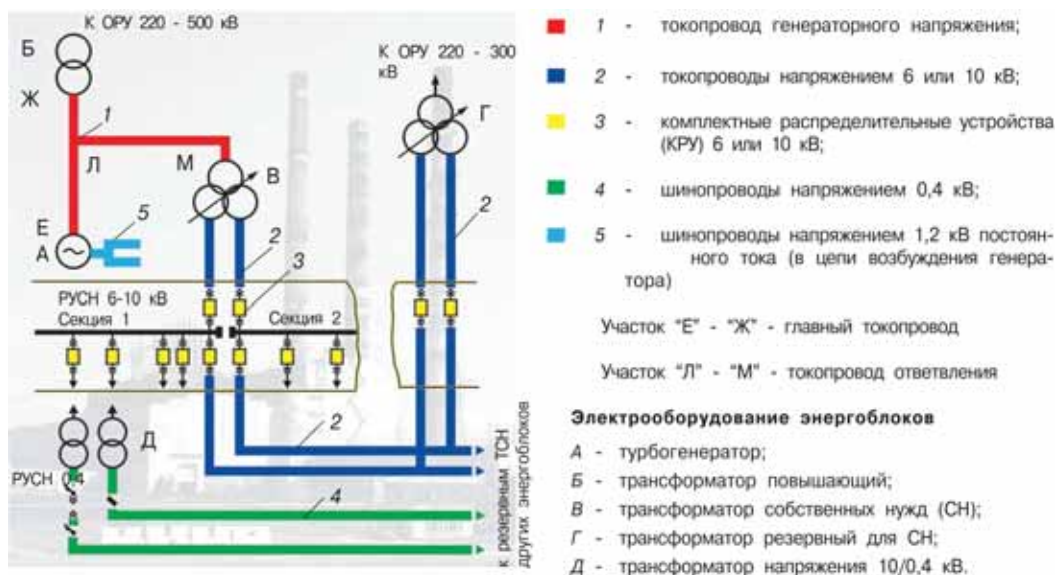
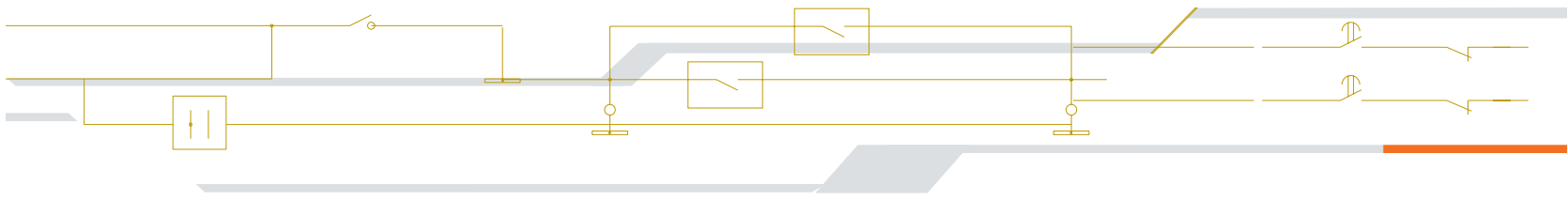


Рис.3. Схемы электрических соединений энергоблоков мощностью 200-1500 МВт тепловых и атомных электростанций

Большой опыт работы в энергетике, использование совершенного технологического оборудования, наличие квалифицированных кадров обеспечивают возможность разработки и изготовления токопроводов и шинопроводов различного назначения, высокого качества, соответствующие современным техническим требованиям. В настоящее время завод готов к решению самых сложных задач по разработке токопроводов и шинопроводов (по требованию заказчика).



## РАЗДЕЛ 1.

# ТОКОПРОВОДЫ КОМПЛЕКТНЫЕ ПОФАЗНО-ЭКРАНИРОВАННЫЕ ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ 10, 20, 24, 35 кВ ТИПОВ ТЭНЕ и ТЭНП

### 1.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Токопроводы комплектные пофазно-экранированные генераторного напряжения 10, 20, 24, 35 кВ с компенсированным внешним электромагнитным полем ТЭНЕ и ТЭНП на номинальные токи от 1600 до 33000 А предназначены для электрических соединений на электрических станциях, в цепях 3-фазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц турбогенераторов мощностью до 1500 МВт с силовыми повышающими трансформаторами, трансформаторами собственных нужд, преобразовательными трансформаторами и трансформаторами тиристорного возбуждения генераторов.

Токопроводы генераторного напряжения могут быть применены также для других объектов энергетики, промышленности, транспорта, сельского хозяйства и др.

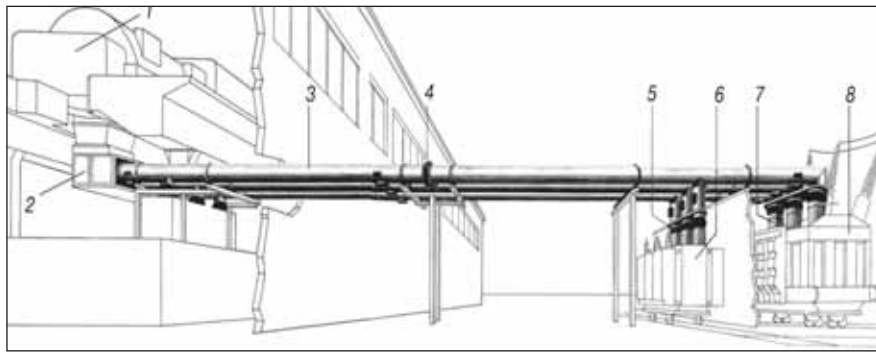
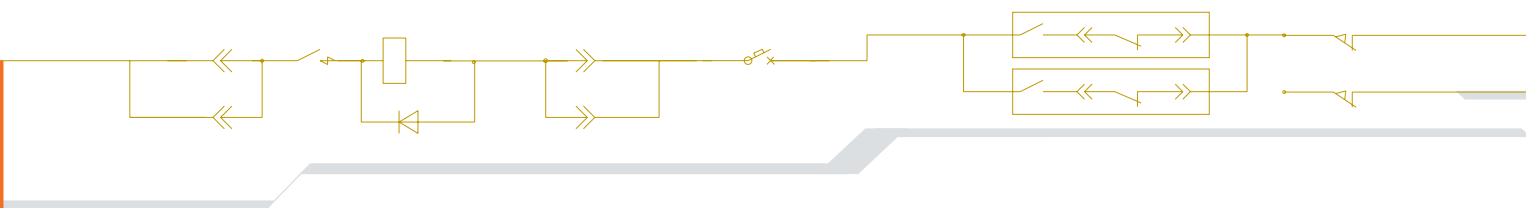


Рис. 4. Принципиальное исполнение трассы токопроводов генераторного напряжения на ГРЭС.

1 – турбогенератор; 2 – узел подключения токопровода к генератору, включая блок нуля генератора; 3 – главный токопровод; 4 – компенсатор линейных расширений; 5 – токопровод ответвлений на трансформатор СН; 6 – трансформатор СН; 7 – узел подключения токопровода к силовому трансформатору; 8 – трансформатор повышающий.

### 1.2. СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДОВ ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ





Токопроводы ТЭНЕ и ТЭНП изготавливаются в соответствии с ТУ 3414-013-00110496-01.

Пример записи пофазно-экранированных токопроводов генераторного напряжения при их заказе и в техдокументации:

Токопровод пофазно-экранированный генераторного напряжения естественного охлаждения напряжением 20 кВ, номинальный ток 12500 А, ток электродинамической стойкости 400 кА, исполнение УХЛ, категория размещения 1:

«ТЭНЕ-20-12500-400 УХЛ1  
ТУ 3414-013-00110496-01»

Токопровод пофазно-экранированный генераторного напряжения принудительного охлаждения напряжением 24 кВ, номинальный ток 23500 А, ток электродинамической стойкости 560 кА, исполнение Т, категория размещения 1:

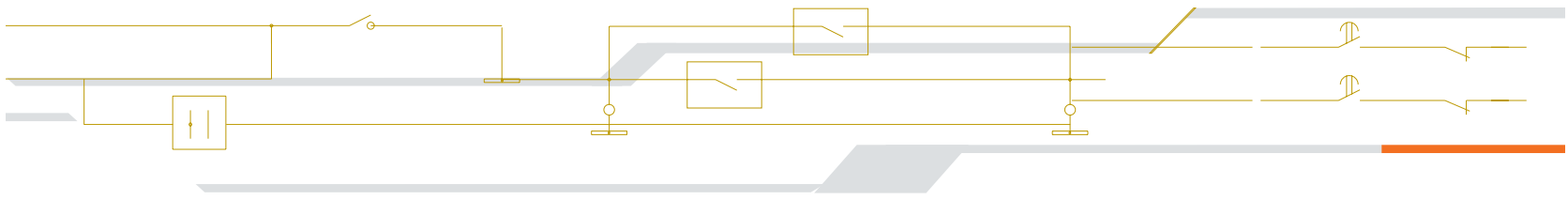
«ТЭНП-24-23500-560 Т1  
ТУ 3414-013-00110496-01»

### 1.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Основные технические данные токопроводов генераторного напряжения приведены в табл. 1:

Таблица 1

Наименование параметров	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА	Удельные потери на фазу при номинальном токе, Вт/пог.м
ТЭНЕ-10-3150-250 УХЛ1	10	3150	250	100	155
ТЭНЕ-10-3150-128 УХЛ1	10	3150	128	100	155
ТЭНЕ-10-4000-250 УХЛ1	10	4000	250	100	258
ТЭНЕ-10-4000-250 Т1					232
ТЭНЕ-10-5000-250 УХЛ1	10	5000	250	100	345
ТЭНЕ-10-5000-250 Т1					302
ТЭНЕ-10-5500-250 УХЛ1	10	5500	250	100	378
ТЭНЕ-10-6000-250 УХЛ1	10	6000	250	100	408
ТЭНЕ-20-1600-560 УХЛ1, Т1	20	1600	560	220	39
ТЭНЕ-20-1800-560 УХЛ1	20	1800	560	220	49
ТЭНЕ-20-2000-560 УХЛ1	20	2000	560	220	61
ТЭНЕ-20-2500-560 УХЛ1	20	2500	560	220	96
ТЭНЕ-20-5000-300 УХЛ1	20	5000	300	120	331
ТЭНЕ-20-5500-300 УХЛ1	20	5500	300	120	372
ТЭНЕ-20-6300-300 УХЛ1	20	6300	300	120	397
ТЭНЕ-20-6300-300 Т1					355
ТЭНЕ-20-7200-300 УХЛ1	20	7200	300	120	524
ТЭНЕ-20-8000-300 УХЛ1	20	8000	300	120	547
ТЭНЕ-20-8000-300 Т1					404
ТЭНЕ-20-9000-560 УХЛ1	20	9000	300	120	519
ТЭНЕ-20-10000-300 УХЛ1	20	10000	300	120	644
ТЭНЕ-20-11250-400 УХЛ1	20	11250	400	160	709
ТЭНЕ-20-11250-400 Т1					638
ТЭНЕ-20-12500-400 УХЛ1	20	12500	400	160	883
ТЭНЕ-20-12500-400 Т1					671
ТЭНЕ-24-3150-750 УХЛ1, ТЭНЕ-24-3150-750 Т1	24	3150	750	300	98 106
ТЭНЕ-24-10000-560 УХЛ1	24	10000	560	220	645
ТЭНЕ-24-15000-560 УХЛ1	24	15000	560	220	792
ТЭНЕ-24-16000-560 УХЛ1	24	16000	560	220	911
ТЭНЕ-24-18000-560 УХЛ1	24	18000	560	220	1160



Продолжение табл. 1

Наименование параметров	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА	Удельные потери на фазу при номинальном токе, Вт/пог.м
ТЭНЕ-24-18700-560 Т1	24	18700	560	220	860
ТЭНЕ-24-20000-560 УХЛ1	24	20000	560	220	1230
ТЭНЕ-24-22000-560 УХЛ1	24	22000	560	220	1460
ТЭНЕ-24-24000-560 УХЛ1	24	24000	560	220	1480
ТЭНП-24-18700-560 Т1	24	18700	560	220	1075
ТЭНП-24-23500-560 Т1	24	23500	560	220	1698
ТЭНП-24-24000-560 УХЛ1	24	24000	560	220	1854
ТЭНП-24-29500-560 Т1	24	29500	560	220	2676
ТЭНП-24-31500-560 УХЛ1	24	31500	560	220	3194
ТЭНП-24-33000-600 УХЛ1	24	33000	600	240	3505
ТЭНЕ-27-30000-560 Т1	27	30000	560	220	2312
ТЭНЕ-35-5000-300 Т1	35	5000	300	120	247
ТЭНЕ-35-5000-560 УХЛ1	35	5000	560	220	307

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Токопроводы ТЭНЕ-10 могут применяться на электростанциях от силовых питающих трансформаторов для вводов в шкафы КРУ с номинальным током до 3150 А.

## 1.4. УСТРОЙСТВО ТОКОПРОВОДОВ. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ВЫСОКУЮ НАДЕЖНОСТЬ ИХ РАБОТЫ

Ввиду того, что токопроводы указанных типов монтируются в цепях генераторного напряжения на участках «Е» - «Ж» и «Л» - «М» (рис.3) и предназначены для передачи и распределения электроэнергии большой мощности, их исполнение отвечает самым высоким требованиям надежности.

Токопроводы изготавливаются закрытыми в пофазном исполнении. Это исключает возможность междуфазных коротких замыканий от попаданий на шины посторонних предметов и доступ персонала к токоведущим частям токопровода.

Токопроводы по всей трассе – цельносварные. Исключение составляют только разборные узлы подсоединения к турбогенераторам, трансформаторам и выключателям.

Токопроводы электродинамически устойчивы.

Внешнее магнитное поле токопровода скомпенсировано. Достигается это путем соединения кожухов-экранов перемычками и заземления соответствующих участков трассы.

Разъемные электрические контактные соединения многоамперных цилиндрических шин из алюминия с медными плоскими выводами электрооборудования осуществляются с применением высоконадежных переходных контактов.

На шинах и кожухах-экранах токопроводов устанавливается компенсатор линейных расширений для компенсации линейных изменений, вызываемых температурными перепадами.

Опорные изоляторы устойчивы к выпадению росы и инея. При необходимости узлы крепления обеспечивают возможность легкой замены изоляторов без разборки экранов.

В полости экранов токопровода исключены емкостные разряды (искрение). Для этого между шинами и верхними изоляторами, а при вертикальной прокладке – на всех изоляторах предусмотрена установка специальных стержневых пружинных контактов (рис.7).

Токопроводы пылезащищенные.

Конструкцией токопровода предусмотрены меры, обеспечивающие возможность удаления из полости экранов водорода при возможных его утечках через неплотности в узлах крепления выводов генератора.

Крепление кожухов-экранов к поперечным балкам – разъемное изолированное, что исключает циркуляцию наводимых токов.

Замер сопротивления в опорных узлах токопровода (между экранами и поперечными балками) обеспечивается без разборки узлов крепления.

Крепление балок блоков к строительным конструкциям – сварное.

Конструкция узлов соединения экранов токопровода с генератором и трансформаторами исключает возможность перегрева кожухов-экранов от наводимых токов через крышки трансформаторов и плиты генератора.

Экранирование токопроводов существенно снижает нагрев расположенных вблизи по трассе металлических и железобетонных строительных конструкций.

Это весьма важно при эксплуатации токопроводов, проложенных в стесненных условиях машинных залов электрических станций.

Другие технические решения по токопроводам ТЭНЕ и ТЭНП, являющиеся общими для всех серий токопроводов и шинопроводов, приведены в разделе 4.

## 1.5. КОНСТРУКЦИЯ ТОКОПРОВОДОВ

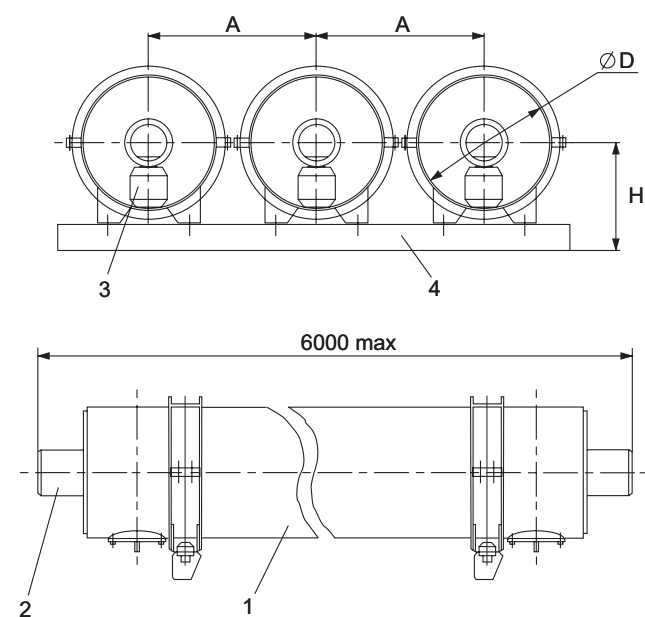


Рис.5. Токопроводы ТЭНЕ напряжением 10 кВ. Блок прямолинейный.  
1 – кожух-экран; 2 – шина токоведущая; 3 – изолятор; 4 – балка блока.

### а). ТЭНЕ-10 напряжением 10 кВ

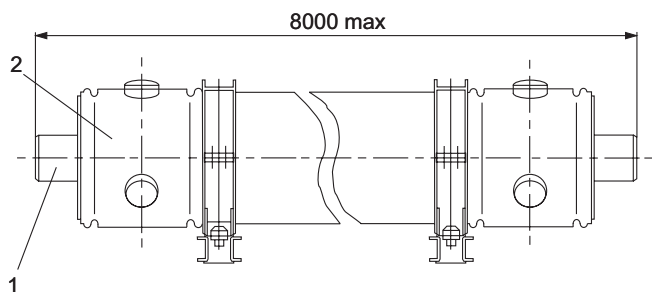
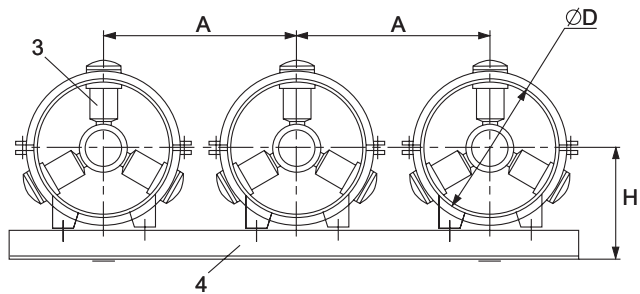
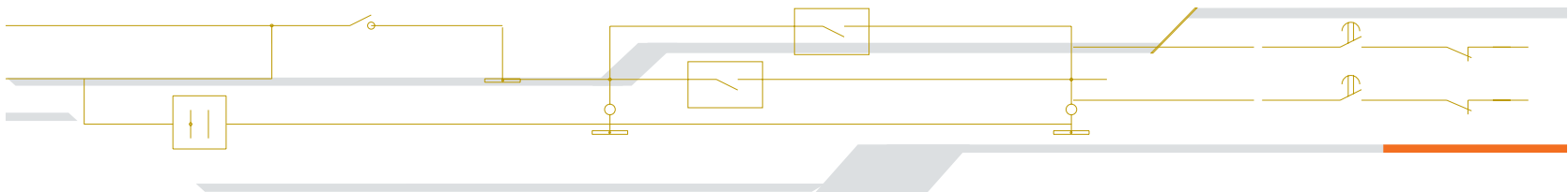
Токопроводы ТЭНЕ-10 имеют пофазно-экранированное исполнение. Каждая фаза токопровода состоит из токоведущей шины 2 соответствующего сечения, кожуха-экрана 1 и изоляторов 3 (рис.5).

Шина закрепляется на изоляторе специальным шинодержателем. Изоляторы крепятся к крышкам, которые, в свою очередь, закрепляются на кожухах-экранах болтами.

Шаг между изоляторами – не более 3 м.

Таблица 2 (к рис.5)

Тип токопроводов	Диаметр экрана (наружный), D, мм	Расстояние между осями фаз, A, мм	Расстояние от оси до низа балки, H, мм	Масса (1-ой фазы), кг/пог.м
ТЭНЕ-10-3150-250 УХЛ1	408	500	330	39
ТЭНЕ-10-3150-128 УХЛ1	408	500	330	32
ТЭНЕ-10-4000-250 УХЛ1	408	500	330	39
ТЭНЕ-10-4000-250 Т1	408	500	330	41
ТЭНЕ-10-5000-250 УХЛ1	408	500	330	46
ТЭНЕ-10-5000-250 Т1	550	1000	483	65
ТЭНЕ-10-5500-250 УХЛ1	550	1000	483	65
ТЭНЕ-10-6000-250 УХЛ1	550	1000	483	69



### б). ТЭНЕ и ТЭНП напряжением 20, 24, 35 кВ

Каждая фаза токопровода состоит из алюминиевой шины 1 и алюминиевого цилиндрического кожуха-экрана 2. Шина центрируется и закрепляется в кожухе-экране по сечению тремя изоляторами 3, расположенными под углом 120° (рис.6).

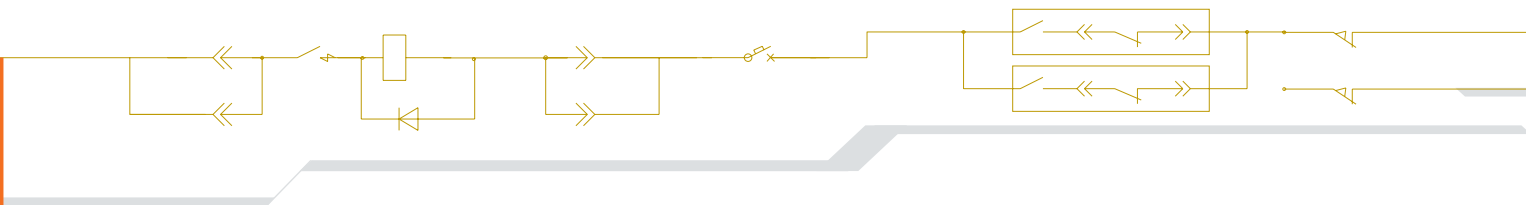
Центровка шины в экранах осуществляется поворотом изоляторов в резьбовых гнездах экранов.

Рис.6. Токопроводы ТЭНЕ и ТЭНП напряжением 20, 24, 35 кВ. Блок прямолинейный\*.  
1 – шина токоведущая; 2 – кожух-экран; 3 – изолятор; 4 – балка блока.

\* - по условиям транспортировки отдельные монтажные блоки могут поставляться пофазно (секциями).

Таблица 3 (к рис. 6)

Тип токопроводов	Диаметр экрана (наружный), D, мм	Расстояние между осями фаз, A, мм	Расстояние от оси до низа балки, H, мм	Масса (1-ой фазы), кг/пог.м
ТЭНЕ-20-1600-560 УХЛ1, Т1	550	1000	483	60
ТЭНЕ-20-1800-560 УХЛ1	550	1000	483	60
ТЭНЕ-20-2000-560 УХЛ1	550	1000	483	60
ТЭНЕ-20-2500-560 УХЛ1	550	1000	483	60
ТЭНЕ-20-5000-300 УХЛ1	550	1000	483	65
ТЭНЕ-20-5500-300 УХЛ1	550	1000	483	68
ТЭНЕ-20-6300-300 УХЛ1	678	1000-1200	563	83
ТЭНЕ-20-6300-300 Т1	678	1000-1200	563	90
ТЭНЕ-20-7200-300 УХЛ1	678	1000-1200	563	83
ТЭНЕ-20-8000-300 УХЛ1	678	1000-1200	563	89
ТЭНЕ-20-8000-300 Т1	750	1000-1200	583	98
ТЭНЕ-20-9000-560 УХЛ1	750	1000-1200	583	98
ТЭНЕ-20-10000-300 УХЛ1	750	1000-1200	583	98
ТЭНЕ-20-11250-400 УХЛ1	890	1300-3000	668	100
ТЭНЕ-20-11250-400 Т1	890	1300-3000	668	107
ТЭНЕ-20-12500-400 УХЛ1	890	1300-3000	668	100
ТЭНЕ-20-12500-400 Т1	890	1300-3000	668	125
ТЭНЕ-24-3150-750 УХЛ1, Т1	678	1000-1200	563	80
ТЭНЕ-24-10000-560 УХЛ1	750	1000-1200	583	98
ТЭНЕ-24-15000-560 УХЛ1	1172	1500-3000	858	193
ТЭНЕ-24-16000-560 УХЛ1	1172	1500-3000	858	193
ТЭНЕ-24-18000-560 УХЛ1	1172	1500-3000	858	193
ТЭНЕ-24-18700-560 Т1	1362	1800	968	250
ТЭНЕ-24-20000-560 УХЛ1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНЕ-24-22000-560 УХЛ1	1362	1800	968	217
ТЭНЕ-24-24000-560 УХЛ1	1362	1800	968	250



Продолжение таблицы 3

Тип токопроводов	Диаметр экрана (наружный), D, мм	Расстояние между осями фаз, А, мм	Расстояние от оси до низа балки, Н, мм	Масса (1-ой фазы), кг/пог.м
ТЭНП-24-18700-560 Т1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНП-24-23500-560 Т1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНП-24-24000-560 УХЛ1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНП-24-29500-560 Т1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНП-24-31500-560 УХЛ1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНП-24-33000-600 УХЛ1	1172	1500-3000	858	220
ТЭНЕ-27-30000-560 Т1	1362	1800	968	250
ТЭНЕ-35-5000-300 Т1	800	1000-1200	593	78
ТЭНЕ-35-5000-560 УХЛ1	800	1000-1200	593	73

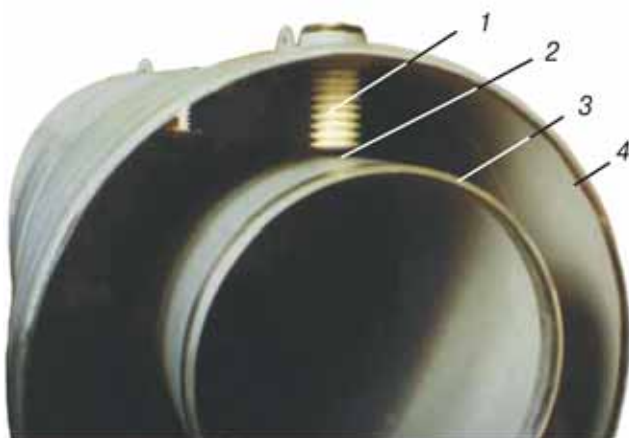


Рис.7. Внешний вид фазы главного токопровода ТЭНЕ-24-24000-560 (вид с торца по сечению). Диаметр экрана – 1362 мм; диаметр шины – 800 мм. 1 – изолятор верхний; 2 – контакт пружинный; 3 – шина токо-ведущая; 4 – кожух-экран.

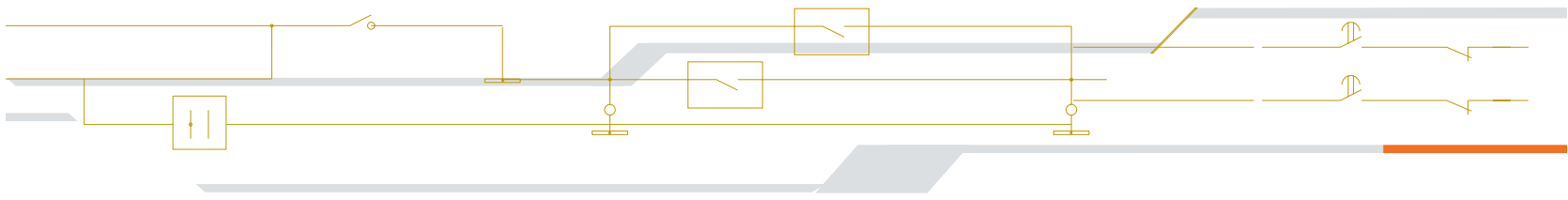


Рис.8. Внешний вид прямолинейной секции (фазы) токопровода ответвления ТЭНЕ-20-1600-560



Рис.9. Внешний вид фасонной секции (фазы) токопровода ТЭНЕ-20 напряжением 20 кВ для турбогенератора мощностью 50, 55 МВт.





## 1.6. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ТОКОПРОВОДОВ

В состав токопроводов генераторного напряжения, в зависимости от конфигурации трассы и встраивания электрооборудования, входят:

- блоки (секции) прямолинейные (рис. 5,6,7,8);
- секции: фасонные (рис.9); с трансформаторами тока; с трансформаторами напряжения; с заземлителем; с разрядником; с ограничителями перенапряжения; с проходным изолятором;
- узлы подсоединения к линейным выводам турбогенераторов;
- блок нулевых выводов генератора (рис.10);
- блок подсоединения к силовому трансформатору (рис.11);
- узлы: соединения секций встык; соединения секций с компенсаторами;
- установка воздушного принудительного охлаждения (для токопроводов серии ТЭНП);
- блок под установку выключателя (рис.12) и другие элементы.



Рис.10. Внешний вид монтажного блока нулевых выводов генератора. Один из вариантов исполнения.



Рис.11. Блок подсоединения токопровода к силовому трансформатору.  
1 – кожух-экран; 2 – плата перемычка экранов; 3 – шина токоведущая; 4 – контактные переходы.

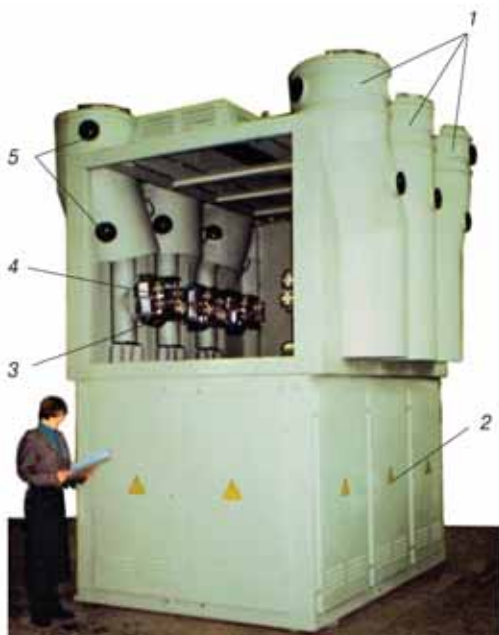


Рис.12. Внешний вид блока под установку трехполюсного выключателя. 1 – кожух-экран токопровода; 2 – шкаф под установку выключателя; 3 – шина токоведущая; 4 – гибкие связи для болтового подсоединения шин токопровода к выключателю; 5 – изоляторы крепления токоведущих шин.

## 1.7. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ В ТОКОПРОВОДАХ ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Токопроводы, в зависимости от проектного задания, могут быть укомплектованы соответствующей электроаппаратурой и оборудованием:

- тороидальными трансформаторами тока ТШ, ТШВ, ТШЛ, ТШЛО, ТПОЛ, GSR;
- трансформаторами напряжения ЗНОЛ, ЗНОЛП, UGE;
- ограничителями перенапряжений ОПН;
- трехполюсными заземлителями ЗР в комплекте с приводом П4, блок-замком ЗБ-1 с ключом КЭЗ-1 постоянного тока 220 В и блок-контактом КСА;
- разъединителями РВПЗ-2, РВРЗ-2, РВРЗ-16, РРЧЗ-2 с соответствующими приводами;
- проходными изоляторами ИП;
- системой наддува;
- системой индивидуального контроля сопротивления опорных изоляторов в режиме «on-line» и др.\*

\* - по требованию заказчика в токопроводах могут быть применены и другие типы электрооборудования.

Тороидальные трансформаторы, трансформаторы напряжений, разрядники, ограничители напряжения, тока поставляются на монтаж встроенными в кожуха-экраны токопровода.

Для установки секций с заземлителями и приводов к ним завод предоставляет специальные шкафы управления.

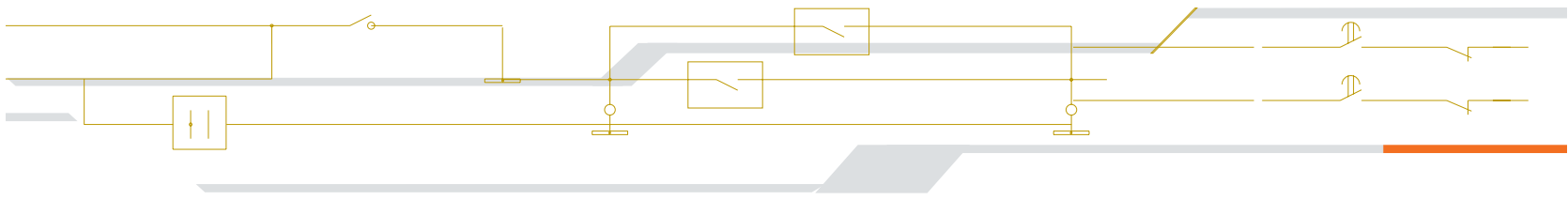
Для повышения надежности работы токопроводов генераторного напряжения и уменьшения числа аварийных ситуаций применяется система наддува и система индивидуального контроля сопротивления опорных изоляторов в режиме «on-line».

Система наддува позволяет:

- поддерживать в токопроводах относительную влажность воздуха 30-40%;
- предотвратить разрушения опорных изоляторов;
- отказаться от применения проходных изоляторов, встраиваемых в токопровод при проходе через стену из помещения на улицу.

Система индивидуального контроля сопротивления опорных изоляторов в режиме «on-line» позволяет:

- обеспечить непрерывную диагностику состояния опорной изоляции токопровода (СДОИТ) в течение всего периода эксплуатации под рабочим напряжением и при его отсутствии;
- выполнить индивидуальную дефектацию опорных изоляторов на начальной стадии повышения тока утечки;
- предупредить возможное развитие аварийных ситуаций на токопроводах.



## РАЗДЕЛ 2.

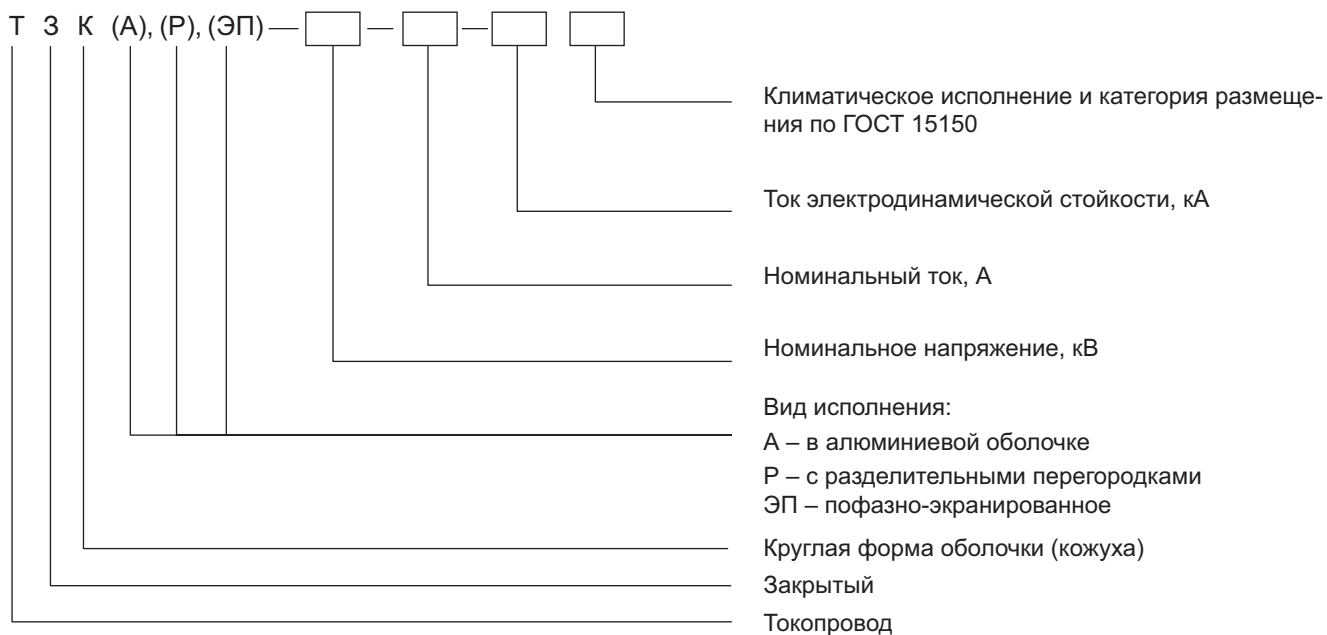
# ТОКОПРОВОДЫ КОМПЛЕКТНЫЕ ЗАКРЫТЫЕ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 и 10 кВ ТИПОВ ТЗК, ТЗК(А), ТЗКР и ТЗКЭП

### 2.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Токопроводы закрытые напряжением 6 и 10 кВ на номинальные токи до 4000 А применяются на электро-станциях для электрического соединения трансформаторов со шкафами комплектных распределительных устройств, а также турбогенераторов с повышающими трансформаторами, устанавливаемыми в цепях 3-фазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Токопроводы закрытые могут быть применены также для других объектов энергетики, промышленности, транспорта, сельского хозяйства и др.

### 2.2. СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 и 10 кВ



Токопроводы ТЗК, ТЗК (А), ТЗКР и ТЗКЭП изготавливаются в соответствии с ТУ 3414-010-00110496-01.

Пример записи токопроводов закрытых напряжением 6 и 10 кВ при их заказе и в техдокументации:

Токопровод закрытый в общей для трех фаз оболочке круглой формы с разделительными перегородками между фазами на напряжение 6 кВ, номинальный ток 1600 А, ток электродинамической стойкости 81 кА, исполнение УХЛ, категория размещения 1:

«ТЗКР-6-1600-81 УХЛ1  
ТУ 3414-010-00110496-01»

Токопровод закрытый пофазно-экранированный в оболочке круглой формы напряжением 6 кВ, номинальный ток 3150 А, ток электродинамической стойкости 128 кА, исполнение Т, категория размещения 1:

«ТЗКЭП-6-3150-128 Т1  
ТУ 3414-010-00110496-01»

### 2.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Основные технические данные токопроводов закрытых напряжением 6 и 10 кВ ТЗК\* и ТЗКР\* на токи 1600, 1800, 2000 А приведены в табл.4:

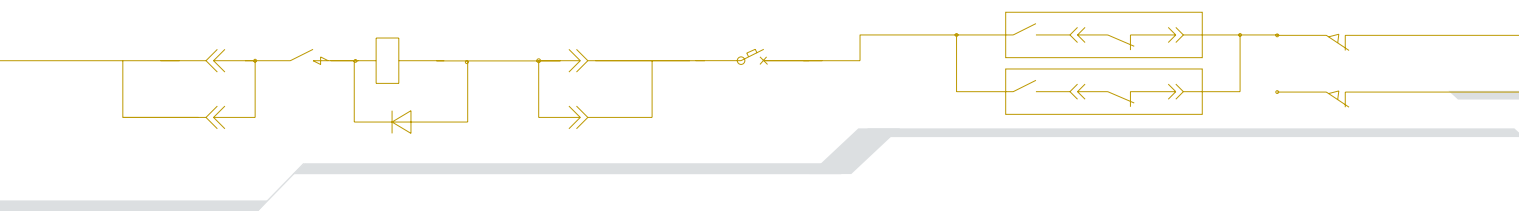


Таблица 4

Тип токопроводов	Наименование параметров				Материал оболочки	Удельные потери при номинальном токе, Вт/пог.м
	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА		
ТЗК-6-1600-81 УХЛ1 ТЗКР-6-1600-81 УХЛ1 ТЗК-10-1600-81 УХЛ1	6	1600	81	31,5	сталь	396
ТЗКР-10-1600-81 УХЛ1 ТЗКР-10-1600-81 Т1	10	1600	81	31,5	алюминий	285 208
ТЗК-6-1800-81 Т1 ТЗКР-6-1800-81 Т1	6	1800	81	31,5	алюминий	347
ТЗК-6-2000-81 УХЛ1 ТЗКР-6-2000-81 УХЛ1	6	2000	81	31,5	алюминий	429

\* - возможно изготовление с другими номинальными характеристиками и размерами

Основные технические данные токопроводов закрытых напряжением 10 кВ ТЗК\* и ТЗКР\* на токи 2000, 3150, 4000 А приведены в табл.5:

Таблица 5

Тип токопроводов	Наименование параметров				Материал оболочки	Удельные потери при номинальном токе, Вт/пог.м
	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА		
ТЗК-10-2000-128 УХЛ1 ТЗК-10-2000-128 Т1	10	2000	128	50	алюминий	264
ТЗК-10-3150-128 УХЛ1 ТЗК-10-3150-128 Т1	10	3150	128	50	алюминий	430
ТЗК-10-4000-170 УХЛ1 ТЗКР-10-4000-170 УХЛ1	10	4000	170	67	алюминий	677

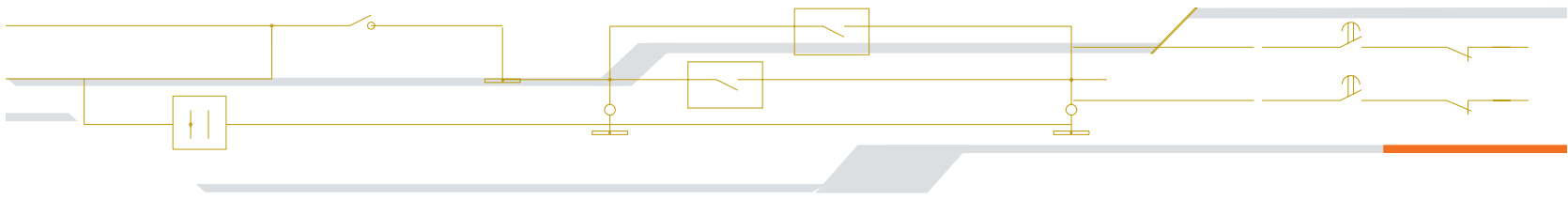
\* - возможно изготовление с другими номинальными характеристиками и размерами

Основные технические данные токопроводов закрытых напряжением 6 кВ ТЗКЭП\* на токи 2000, 3150, 4000 А приведены в табл.6:

Таблица 6

Тип токопроводов	Наименование параметров					Материал оболочки	Масса, кг/пог.м
	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА	Удельные потери при номинальном токе, Вт/пог.м		
ТЗКЭП-6-2000-128 УХЛ1 ТЗКЭП-6-2000-128 Т1	6	1600	128	50	354	алюминий	55
ТЗКЭП-6-3150-128 УХЛ1 ТЗКЭП-6-3150-128 Т1	6	3150	128	50	693 615	алюминий	61 70
ТЗКЭП-6-4000-180 УХЛ1 ТЗКЭП-6-4000-180 Т1	6	4000	180	70	924 840	алюминий	75 82

\* - возможно изготовление с другими номинальными характеристиками и размерами



Основные технические данные токопроводов закрытых напряжением 6 кВ ТЗК(А) на токи 1600, 2000, 3150 А приведены в табл.7:

Таблица 7

Тип токопроводов	Наименование параметров					Материал оболочки	Масса, кг/пог.м
	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА	Удельные потери при номинальном токе, Вт/пог.м		
ТЗК(А)-6-1600-81 УХЛ1	6	1600	81	31,5	202	алюминий	44
ТЗК(А)-6-2000-128 УХЛ1	6	2000	128	31,5	274	алюминий	47
ТЗК(А)-6-3150-128 УХЛ1	6	3150	128	31,5	464	алюминий	61

\* - возможно изготовление с другими номинальными характеристиками и размерами

**ПРИМЕЧАНИЕ.** При необходимости изготовления токопровода ТЗКЭП на 10 кВ применяется токопровод ТЭНЕ-10.

## 2.4. КОНСТРУКЦИЯ ТОКОПРОВОДОВ

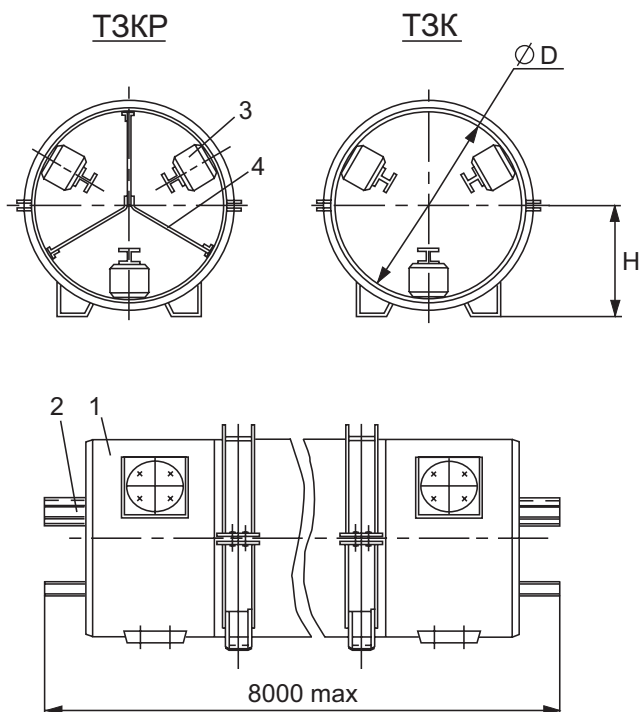


Рис.13. Токопроводы ТЗК и ТЗКР напряжением 6 и 10 кВ на токи 1600, 1800, 2000 А.  
1 – оболочка; 2 – шина токоведущая; 3 – изолятор;  
4 – разделительная перегородка.

### а). ТЗК и ТЗКР напряжением 6 и 10 кВ

Токопроводы (рис.13) состоят из оболочки 1, общей для трех фаз, и токоведущих шин 2 соответствующего профиля и сечения. Шины прикрепляются к изоляторам 3 внутри оболочек по вершинам равностороннего треугольника посредством специальных шинодержателей. Токопроводы ТЗКР выполняются с междуфазными разделительными перегородками 4 из металла.

Перегородки предназначены для исключения возможности перехода однофазного замыкания на оболочку в междуфазное короткое замыкание.



Рис.14. Внешний вид прямолинейной секции токопроводов ТЗКР-6-1600-81 и ТЗКР-10-1600-81.

Таблица 8 (к рис.13)

Тип токопроводов	Диаметр экрана (наружный), D, мм	Расстояние от оси до низа балки, H, мм	Масса (1-ой фазы), кг/пог.м
ТЗК-6-1600-81 УХЛ1	623	355	50
ТЗКР-6-1600-81 УХЛ1	623	355	60
ТЗК-6-1800-81 Т1	640	355	50
ТЗКР-6-1800-81 Т1	640	355	60
ТЗК-6-2000-81 УХЛ1	640	355	50
ТЗКР-6-2000-81 УХЛ1	640	355	60
ТЗК-10-1600-81 УХЛ1	623	355	50
ТЗКР-10-1600-81 УХЛ1	706	400	70
ТЗКР-10-1600-81 Т1	706	400	75

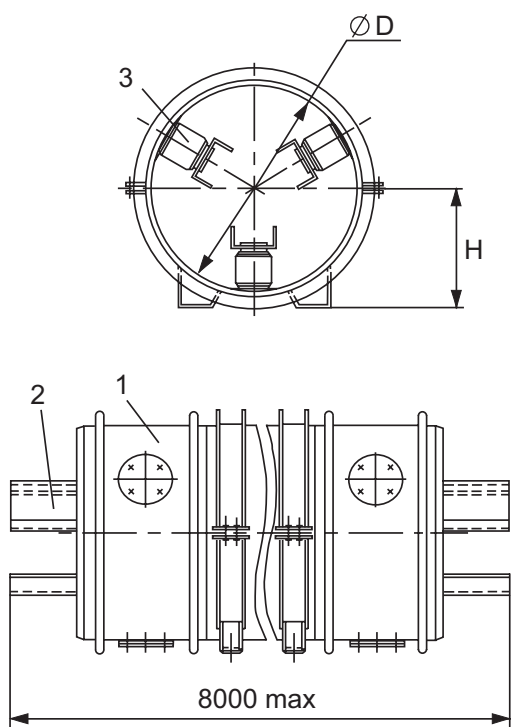


Рис.15. Токопроводы ТЗК напряжением 10 кВ на токи 2000, 3150, 4000А.  
1 – оболочка; 2 – шина токоведущая; 3 – изолятор.

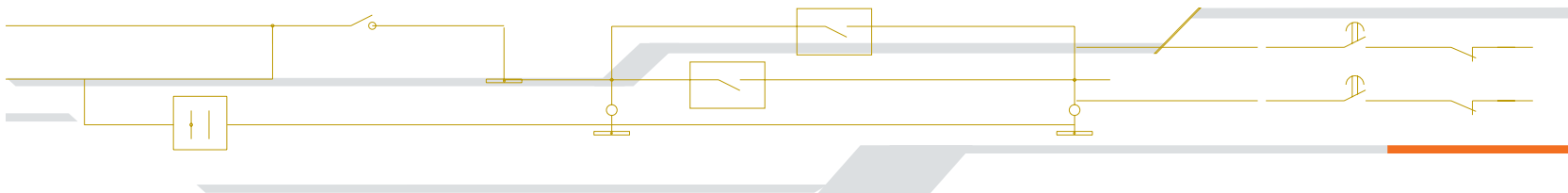


Рис.16. Внешний вид токопровода ТЗК-10-3150-128. Прямолинейные секции в процессе упаковки.



Рис.17. Внешний вид угловой секции токопровода ТЗК-10-4000-170.

Таблица 9 (к рис.15)

Тип токопроводов	Диаметр экрана (наружный), D, мм	Расстояние от оси до низа балки, Н, мм	Масса (1-ой фазы), кг/пог.м
ТЗК-10-2000-128 УХЛ1 ТЗК-10-2000-128 Т1	706	400	50
ТЗК-10-3150-128 УХЛ1 ТЗК-10-3150-128 Т1	706	400	67
ТЗК-10-4000-170 УХЛ1 ТЗКР-10-4000-170 УХЛ1	706 890	400 480	70 90

### б). ТЗКЭП напряжением 6 кВ

Токопроводы ТЗКЭП (рис.18) пофазно-экранированного исполнения. Каждая фаза токопровода состоит из алюминиевой токоведущей шины 1 соответствующего трубчатого сечения, цилиндрического кожуха-экрана 2 из алюминия и изоляторов 3. Опорные изоляторы устанавливаются на крышках, крепление каждой из которых на оболочках выполнено шестью болтами. Шина по сечению закрепляется одним изолятором посредством специального шинодержателя.

Компенсация внешнего магнитного поля в токопроводе ТЗКЭП-6 осуществляется аналогично принятой для токопроводов ТЭНЕ.

В местах присоединения токопроводов к шкафам КРУ и блокам с разъединителями роль перемычек экранов выполняют кожухи (оболочки) токопроводов.

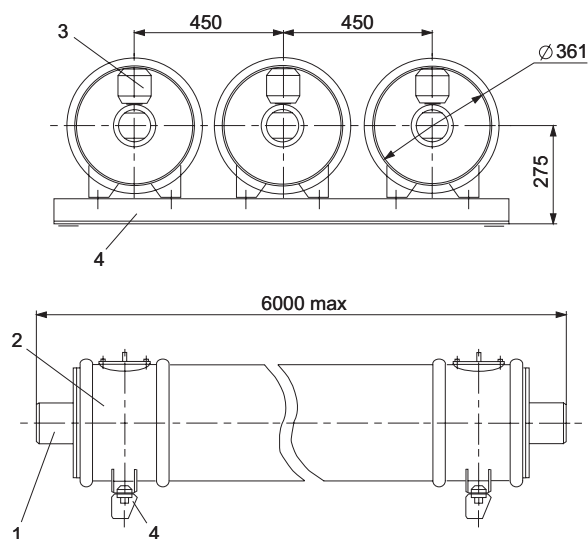


Рис.18. Токопроводы ТЗКЭП-6 на токи 2000, 3150, 4000 А. Блок прямолинейный.

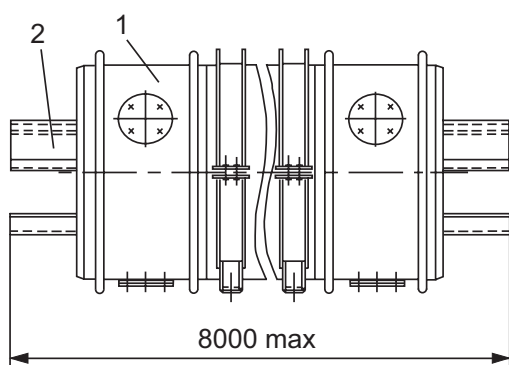
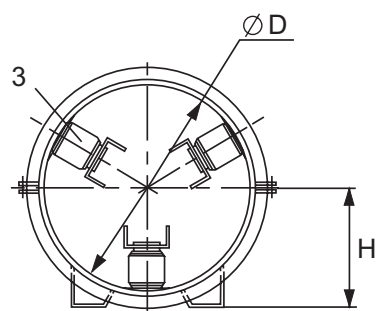
1 – шина токоведущая; 2 – кожух-экран; 3 – изолятор; 4 – балка.



Рис.19. Внешний вид трех прямолинейных блоков токопровода ТЗКЭП-6 в упаковке.



Рис.20. Транспортный блок токопровода ТЗКЭП-6 из 8 блоков отгрузки на экспорт.



### в). ТЗК(А) напряжением 6 кВ

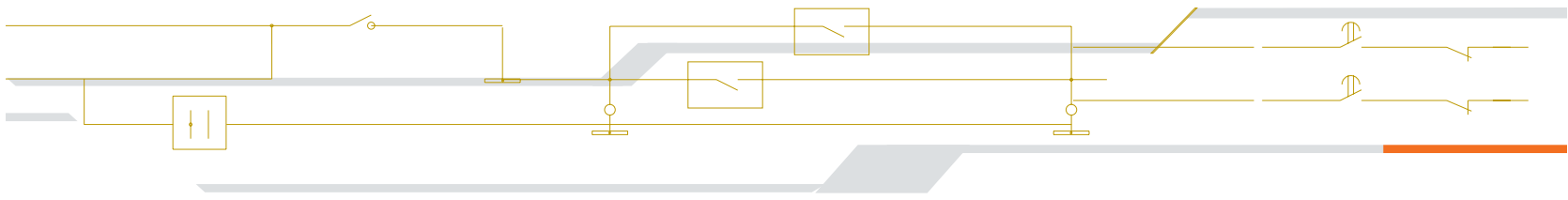
Токопроводы ТЗК(А) (рис.21) состоят из оболочки 1, общей для трех фаз, и токоведущих шин 2 соответствующего профиля и сечения. Шины закрепляются к опорным изоляторам 3 внутри оболочек по вершинам равностороннего треугольника посредством специальных шинодержателей.

Рис.21. Токопроводы ТЗК(А) напряжением 6 кВ на токи 1600, 2000, 3150 А.  
1 – оболочка; 2 – шина токоведущая; 3 – изолятор.

Таблица 10 (к рис.21)

Тип токопроводов	Диаметр экрана (наружный), D, мм	Расстояние от оси до низа балки, H, мм	Масса (1-ой фазы), кг/пог.м
ТЗК(А)-10-1600-81 УХЛ1	550	320	44
ТЗК(А)-10-2000-128 УХЛ1	550	320	47
ТЗК(А)-10-3150-128 УХЛ1	550	320	61





## 2.5. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ТОКОПРОВОДОВ

Токопроводы поставляются на монтаж отдельными блоками или секциями длиной не более 8 м (ТЗКЭП-6 – не более 6 м), имеющими максимальную степень заводской готовности.

Все секции на месте монтажа стыкуются и свариваются между собой электросваркой в среде защитных газов.

В зависимости от конфигурации и назначения элементы токопроводов подразделяются на секции:

- прямолинейные (рис.13 и 14, 15 и 16, 18, 21);
- угловые (рис.17);
- с трансформаторами тока; с разрядниками; с проходными изоляторами; с транспозицией фаз; с поворотом фаз; тройниковые; подсоединения к шкафам КРУ; подсоединения к трансформаторам;
- блоки (рис.19,20), а также узлы для соединения секций встык с шинами и с компенсаторами и другие элементы.

## 2.6. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ В ТОКОПРОВОДАХ ЗАКРЫТЫХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 и 10 кВ

Токопроводы могут быть укомплектованы соответствующей электроаппаратурой и оборудованием: трансформаторами напряжения, трансформаторами тока, разрядниками, заземлителями, проходными изоляторами и т.д. Потребность в оборудовании на заказ и его количество определяет проектная организация при выдаче задания.



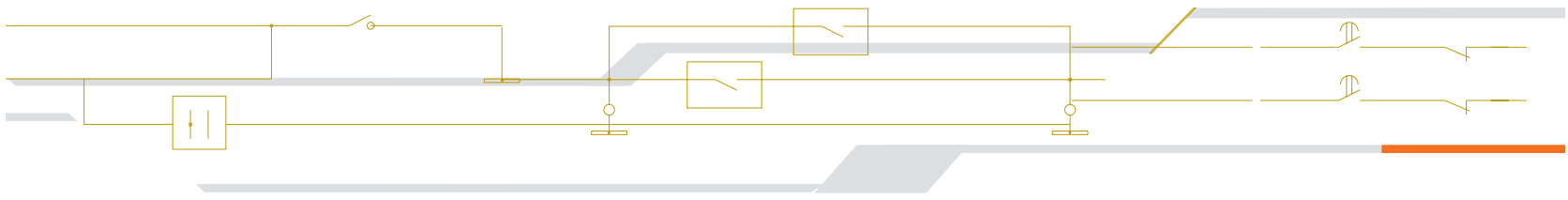


Таблица 11

Тип токопроводов	Наименование параметров						Материал оболочки	Масса, кг/пог.м
	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА	Удельные потери при номинальном токе, Вт/пог.м	Ток форсировки, кА		
ШЗК-1,2-2000-51 УЗ	1,2	2000	51	20	169	4	алюминий	40
ШЗК-1,2-4000-81 УЗ	1,2	4000	81	31,5	306	8	алюминий	50
ШЗК-1,2-5000-128 УЗ	1,2	5000	128	50	287	10	алюминий	70
ШЗК-1,2-2000-51 ТЗ	1,2	2000	51	20	169	4	алюминий	38
ТЗК-1,2-4000-81 ТЗ	1,2	4000	81	31,5	306	8	алюминий	48
ТЗК-1,2-5000-128 ТЗ	1,2	5000	128	50	287	10	алюминий	68

\* - возможно изготовление с другими номинальными характеристиками и размерами

Основные технические данные шинопроводов закрытых напряжением 0,4 кВ ШЗК\* приведены в табл. 12:

Таблица 12

Тип токопроводов	Наименование параметров					Материал оболочки	Масса, кг/пог.м
	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА	Удельные потери при номинальном токе, Вт/пог.м		
ШЗК-0,4-1600-51 УЗ	0,4	1600	51	25	207	алюминий	35
ШЗК-0,4-1600-51 ТЗ	0,4	1600	51	25	174	алюминий	38
ШЗК-0,4-1600-81 У1	0,4	1600	81	25	207	алюминий	35

\* - возможно изготовление с другими номинальными характеристиками и размерами

### 3.4. КОНСТРУКЦИЯ ШИНОПРОВОДОВ

Шинопроводы ШЗК закрытого исполнения.

В шинопроводе ШЗК-1,2 две швеллерообразные шины соответствующего сечения располагаются по горизонтали (рис.22), а в шинопроводе ШЗК-0,4 – три швеллерообразные шины соответствующего сечения внутри оболочки по вершинам равностороннего треугольника (рис.23).

Шины закрепляются к опорным изоляторам 3 внутри оболочек посредством специальных шинодержателей.

Опорные изоляторы крепятся к крышкам 4, которые закрепляются на оболочках 2 болтами через резиновые уплотнительные прокладки.

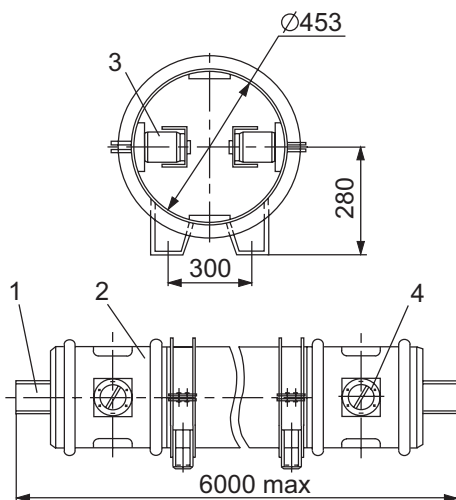


Рис.22 Шинопровод ШЗК-1,2. Секция прямолинейная.  
1 – шина токоведущая; 2 – оболочка (кожух); 3 – изолятор;  
4 – крышка изолятора.

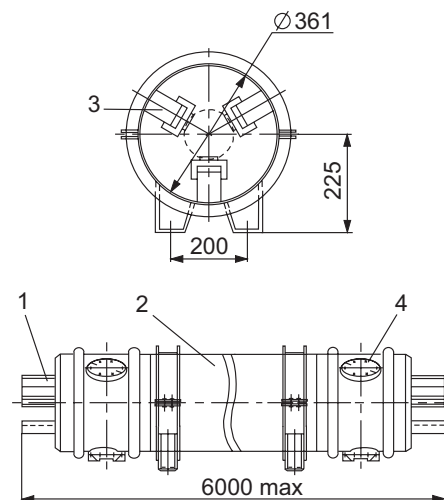
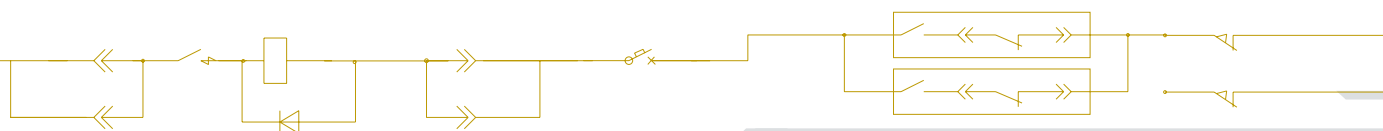


Рис.23 Шинопровод ШЗК-0,4. Секция прямолинейная.  
1 – шина токоведущая; 2 – оболочка (кожух); 3 – изолятор;  
4 – крышка изолятора.



### 3.5. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ШИНОПРОВОДОВ

Шинопроводы поставляются на монтаж отдельными секциями длиной не более 6 м различной конфигурации, имеющими максимальную степень заводской готовности.

Все секции на месте монтажа стыкуются и свариваются между собой электросваркой.

В зависимости от конфигурации и назначения элементы шинопроводов подразделяются на секции:

- прямолинейные (рис.22, 23, 24);
- угловые;
- ответвительные;
- секции для подсоединения к аппаратам и др.

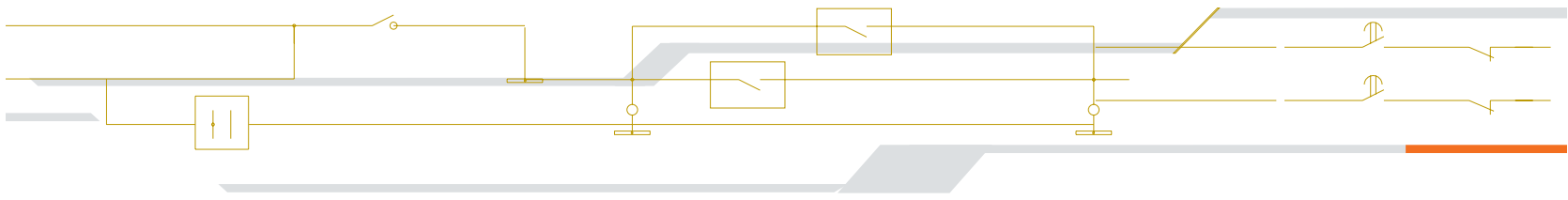
Для соединения секций поставляются узлы с компенсаторами и другими элементами.



Рис.24. Внешний вид прямолинейных секций шинопроводов ШЭК напряжением 1,2 и 0,4 кВ.

### 3.6. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ В ШИНОПРОВОДАХ НАПРЯЖЕНИЕМ 1,2 и 0,4 кВ

Шинопроводы при необходимости могут быть укомплектованы требуемым электрооборудованием в соответствии с техническим заданием.



## РАЗДЕЛ 4. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И НОРМЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ КО ВСЕМ ТИПАМ ТОКОПРОВОДОВ И ШИНОПРОВОДОВ

### 4.1. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В части воздействия факторов внешней среды токопроводы и шинопроводы соответствуют климатическому исполнению УХЛ, Т, категории размещения 1, 3 ГОСТ 15150-69, ГОСТ 15151-69, ГОСТ 15543.1-89, а также ГОСТ 17412-72, тип атмосферы II. В части воздействия механических факторов внешней среды токопроводы и шинопроводы соответствуют группе М6 (для токопроводов генераторного напряжения М5) по ГОСТ 17516.1-90. Степень защиты токопроводов и шинопроводов IP54, IP55 по ГОСТ 14254. Для токопроводов генераторного напряжения, размещаемых внутри помещения в зоне подсоединения к выводам генератора, допускается выполнять оболочки с отверстиями для вентиляции (степень защиты IP22 по ГОСТ 14254). Токопроводы и шинопроводы сейсмостойкого исполнения обеспечивают работоспособность при сейсмических воздействиях до 9 баллов по шкале MSK-64 при установке токопроводов и шинопроводов на высотной отметке до 10 м по ГОСТ 17516.1-90 или до 8 баллов при установке на высоте на высотной отметке до 25 м. Токопроводы и шинопроводы предназначены для установки до 1000 м над уровнем моря (допускается установка на высоте более 1000 м над уровнем моря при соблюдении требований ГОСТ 15150-69).

### 4.2. УСЛОВИЯ НАДЕЖНОСТИ

Степень защиты токопроводов и шинопроводов - IP54 для внутренних установок и IP55 – для наружных установок по ГОСТ 14254-96.

Таблица 13

Наименование параметра	Значения параметра
Установленная безотказная наработка, ч, не более	4x10 <sup>4</sup>
Параметр потоков отказов, ч	38x10 <sup>-6</sup>
Срок службы (при условии замены комплектующей аппаратуры, срок службы которой не менее 30 лет), лет	30
Срок службы до первого среднего ремонта, лет	10

### 4.3. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ НАГРЕВА

Охлаждение у всех типоразмеров токопроводов и шинопроводов естественное воздушное, за исключением токопроводов ТЭНП, для которых предусмотрено принудительное воздушное охлаждение.

Предельно допустимая температура нагрева элементов токопроводов и шинопроводов в номинальном режиме по табл. 14.

Таблица 14

Элементы токопроводов и шинопроводов	Предельно допустимая температура нагрева, °С
Шины, компенсаторы и разборные контактные соединения	105
Кожухи-экраны (оболочки)	80
Шины при токах КЗ	не более 200
Поддерживающие и окружающие металлоконструкции	не более 40

При увеличении температуры окружающей среды на каждые 5°С свыше 55°С токовая нагрузка снижается на 150 А.

## 4.4. МАРКИРОВКА

На одном из блоков (секций) в узлах подсоединения к генератору либо трансформатору, шкафу КРУ или в других местах, указанных в технической документации, устанавливается паспортная табличка, на которой указаны:

- товарный знак завода-изготовителя;
- знак соответствия;
- условное обозначение изделия;
- обозначение технических условий;
- номинальное напряжение;
- номинальный ток;
- степень защиты по ГОСТ 14254-96;
- заводской номер заказа;
- год изготовления.

На паспортных табличках токопроводов и шинопроводов, предназначенных для атомных станций, должна быть нанесена надпись «для АЭС», а на предназначенных на экспорт должна быть надпись «Сделано в России».

## 4.5. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

В комплект каждого токопровода и шинопровода входят:

- составные части, определяемые сборочным чертежом трассы или комплектовочной ведомостью конкретного заказа;
- запасные детали, инструмент и принадлежности по ведомости ЗИП (по требованию заказчика).

В комплект сопроводительной документации, поставляемой в 2-х экземплярах, входят:

- комплектовочная ведомость;
- комплект сборочных чертежей трасс токопровода;
- Техническое описание и инструкция по эксплуатации (Руководство по эксплуатации);
- ведомость ЗИП (по требованию заказчика);
- паспорт (в 1 экземпляре).

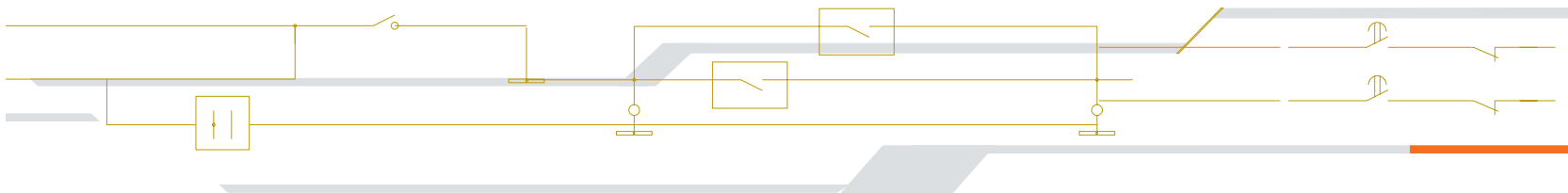
Товаросопроводительная документация упаковывается во влагонепроницаемый материал и укладывается в грузовое место №1 или отправляется почтой.

Токопроводы и шинопроводы, поставляемые на экспорт, изготавливаются в соответствии с договором или контрактом.

## 4.6. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Гарантийный срок составляет 3 года со дня ввода в эксплуатацию и 3,5 года с даты изготовления.

Гарантийный срок для оборудования, поставляемого на экспорт, составляет 1 год со дня ввода в эксплуатацию и 2 года с момента проследования через Государственную границу России.



## РАЗДЕЛ 5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ ЗАВОДУ ПО ТОКОПРОВОДАМ И ШИНОПРОВОДАМ

Завод изготавливает все типоразмеры токопроводов и шинопроводов, указанные в данной информации. По желанию заказчика завод может изготовить токопроводы и шинопроводы (в дальнейшем по тексту – токопроводы) и на другие параметры.

Для участков трассы токопровода, на которых не представляется возможным использовать типовые элементы, заводом разрабатываются специальные, с учетом технического задания проектной организации (заказчика).

В объем технического задания должны входить:

- Чертеж трассы (допускается в упрощенном виде). На чертеже должны быть проставлены отметки и привязки к строительным осям, размеры прямых и вертикальных участков трассы; углы поворотов, необходимые сечения и пр., определяющие положение токопровода в пространстве.
- Перечень необходимого электрооборудования и электроаппаратуры, входящих в объем поставки. Полное обозначение их типоразмеров, количества и завода-изготовителя.
- Необходимые данные электрооборудования, к которому подсоединяется токопровод (генератор, трансформатор, выключатели, распределительные устройства) и др. (не входящие в поставку с токопроводами). Там же должны быть указаны размеры фланцевых подсоединений с привязкой к крышкам оборудования, размеры вводов с указанием на них отверстий, материала, из которого они выполнены, вид гальванического покрытия и т.п.

Указанные сведения могут быть представлены чертежами или приведены в виде эскизов на чертеже трассы технического задания.

Техническое задание должно быть согласовано с заводом-изготовителем.

*Завод постоянно работает над усовершенствованием конструкции токопроводов и шинопроводов, поэтому возможны некоторые расхождения между их описанием и фактическим исполнением, не влияющие на технические характеристики, надежность и безопасность их работы.*

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**