

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»

Г.И. Янукович

**Расчет токов короткого замыкания
и выбор электрических аппаратов**

Минск 2007

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»

Кафедра электроснабжения сельского хозяйства

Г.И. Янукович

**Расчет токов короткого замыкания
и выбор электрических аппаратов**

Учебно-методическое пособие для студентов специальности
«Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства»
по дисциплине
«Электроснабжение сельского хозяйства»

Минск 2007

УДК 621.3.025.001.24(075)
ББК 31.27я 7
Я65

Рецензенты:

Викентий Иванович Русан, д-р техн. наук, проф., директор института энергетики АПК НАН Беларуси; Владимир Владимирович Гурин, профессор кафедры электрооборудования с.-х. производства БГАТУ.

Янукович Генрих Иосифович

Я65 Расчет токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов :
Метод. пособие для студентов с.-х. вузов / Г.И. Янукович/-
Мн. : БГАТУ, 2007-

IBSN

Изложены способы расчета токов короткого замыкания и методы выбора подстанционного электрооборудования. Содержится необходимый справочный материал.

Для студентов электротехнических специальностей вузов и учащихся колледжей сельскохозяйственного профиля. Может быть полезна инженерно-техническому персоналу.

УДК 621.3.025.001.24(075)
ББК 31.27я 7

© Янукович Г.И.
© Редакционно-издательский
Отдел БГАТУ, 2007

IBSN

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Расчет токов короткого замыкания.....	5
1.1 Общие сведения о коротких замыканиях.....	5
1.2 Порядок расчета токов короткого замыкания.....	7
1.3 Определение сопротивлений схемы замещения и преобразование ее к простейшему виду.....	9
1.4 Определение токов короткого замыкания в сети, питающейся от мощной энергосистемы.....	15
1.5 Определение токов короткого замыкания по расчетным кривым.....	22
1.6 Расчет токов короткого замыкания в точке, питающейся от разноудаленных источников.....	29
1.7 Расчет токов при несимметричном коротком замыкании.....	35
1.8 Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением 380/220 В.....	44
1.9 Определение тока замыкания на землю в системах с изолированной нейтралью.....	49
2. Выбор электрических аппаратов и токоведущих частей распределительных устройств.....	51
2.1 Выбор электрических аппаратов по условиям нормального режима...	51
2.2 Проверка аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания.....	53
2.3 Выбор и проверка выключателей.....	56
2.4 Выбор и проверка разъединителей, отделителей и короткозамыкателей	57
2.5 Выбор и проверка предохранителей.....	58
2.6 Выбор и проверка выключателей нагрузки.....	59
2.7 Выбор и проверка трансформаторного тока.....	59
2.8 Выбор и проверка трансформаторного напряжения.....	63
2.9 Выбор и проверка токоведущих частей распределительных устройств	65
2.10 Выбор и проверка изоляторов.....	75
Литература	90
Приложения.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших вопросов как курсового, так и дипломного проектирования является выбор электрических аппаратов трансформаторных подстанций. Выбирают электрические аппараты, после того как произведен подсчет электрических нагрузок в сетях и выбраны марки проводов и кабелей.

Выбираются электрические аппараты по условиям нормального и аварийного режимов [1]. Для этого нужно знать как номинальные данные электрических установок, так и токи короткого замыкания.

В данном методическом пособии изложены способы расчета токов короткого замыкания в электрических сетях сельскохозяйственного назначения, а также приведены методы выбора электротехнических аппаратов трансформаторных подстанций. Содержится необходимый и справочный материал.

Пособие предназначено для студентов агроэнергетического факультета БГАТУ при подготовке к практическим занятиям, при выполнении курсовых и дипломных проектов по электроснабжению сельского хозяйства. Может быть полезно учащимся колледжей и инженерно-техническому персоналу.

1 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

1.1 Общие сведения о коротких замыканиях

Электрические сети трехфазного тока могут работать как с заземленной, так и с изолированной нейтралью. Режим работы сети зависит от класса напряжения. Сети напряжения 380 В выполняются четырехпроводными, то есть кроме трехфазных проводов существует также и нулевой провод. Он заземлен в начале и в конце линии, а также в промежуточных точках. Таким образом, сети напряжением 380 В сооружают с глухозаземленной нейтралью. Сети напряжением 110 кВ и выше выполняют трехпроводными, однако нейтраль всех или части трансформаторов заземляют. То есть, так же получают сети с глухозаземленной нейтралью.

Сети напряжением 6, 10, 20 и 35 кВ выполняют трехпроводными. Однако нейтраль трансформаторов изолирована от земли. Лишь в отдельных случаях она может быть соединена с землей через значительное индуктивное сопротивление.

Одним из повреждений в электрических сетях являются короткие замыкания.

Коротким замыканием называется всякое, не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание между фазами, а в сетях с заземленной нейтралью также замыкания одной или нескольких фаз на землю или нулевой провод.

В сетях с изолированной нейтралью замыкание одной из фаз на землю не является коротким замыканием. Однако одновременное замыкание на землю двух или трех фаз является коротким замыканием.

В системах с заземленной нейтралью бывают трехфазные, двухфазные и однофазные короткие замыкания. В системах с изолированной нейтралью – трехфазные, двухфазные и двухфазные на землю. Возможны различные сочетания и комбинации из указанных выше видов коротких замыканий. Помимо коротких замыканий в одной точке могут наблюдаться одновременно короткие замыкания в различных точках сети.

Причинами коротких замыканий являются повреждения изоляции и не-

правильные действия обслуживающего персонала.

При коротком замыкании резко уменьшается общее сопротивление электрической системы. Это приводит к увеличению токов, протекающих в отдельных элементах электрической установки, а также к снижению напряжения, особенно вблизи от места аварии.

Увеличение токов вызывает нагрев токоведущих частей, а также ведет к механическому повреждению элементов электроустановок. Снижение напряжения отрицательно сказывается на работе потребителей, а также может привести к нарушению устойчивой работы системы.

Расчет токов короткого замыкания производят для решения следующих основных задач [2, 3, 4, 5]:

- выбора схемы электрических соединений, ее оценки и сопоставления с другими;
- выявления условий работы потребителей в аварийных режимах;
- выбора аппаратов электроустановок и проверки проводников по условиям их работы при коротких замыканиях;
- проектирования защитных заземлений;
- определения влияния линий электропередачи на провода связи;
- подбора характеристик разрядников;
- проектирования и настройки релейных защит;
- анализа аварий в электроустановках.

Расчет токов короткого замыкания производят одним из двух методов: методом именованных единиц или методом относительных единиц.

Методом именованных единиц пользуются при расчете токов короткого замыкания сравнительно простых электрических схем с небольшим числом ступеней трансформации, а также в сетях напряжением 380/220 В.

Методом относительных единиц удобнее пользоваться при расчете токов короткого замыкания в сложных электрических сетях с несколькими ступенями трансформации.

1.2 Порядок расчета токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания ведется в следующей последовательности:

1. Выбирают расчетную схему. Для расчета используют принципиальную электрическую схему первичной коммутации. Принимается та часть системы, где необходимо определить ток короткого замыкания. Схему составляют в однолинейном исполнении. В нее включают генераторы, трансформаторы, линии электропередачи и другие элементы, соединяющие источники питания с точкой короткого замыкания. Каждому элементу схемы присваивается свой порядковый номер, и указываются его номинальные данные.

Определяют расчетный режим системы, обеспечивающий максимальные, или минимальные токи короткого замыкания, выбирается расчетная точка (на шинах подстанции, в конце линии и т.д.) и расчетный вид короткого замыкания (трехфазное, двухфазное, однофазное), а также расчетный момент времени переходного процесса ($t = 0$; $t = 2,5$ с и т. д.). Для проверки высоковольтных аппаратов подстанции на термическую и динамическую устойчивость необходимо знать наибольшее значение тока короткого замыкания. В этом случае расчетными условиями считаются: все источники питания включены; короткое замыкание произошло в месте установки аппаратов; вид короткого замыкания такой, при котором ток будет иметь наибольшее значение; время короткого замыкания принимается $t = 0$. Для оценки чувствительности релейной защиты расчетные условия должны быть такие, при которых токи короткого замыкания имеют минимальные значения.

2. Составляют схему замещения. Для этого все элементы расчетной схемы заменяются электрическими сопротивлениями, а для источников питания указывается значение ЭДС.

В установках напряжением выше 1000 В учитывают сопротивления генераторов и компенсаторов, крупных электродвигателей, трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий.

Сопротивления электрических аппаратов (выключателей, разъедините-

лей и др.), а также соединительных кабелей и шин распределительных устройств не учитываются, так как величины их небольшие.

Активное сопротивление элементов цепей напряжением выше 1000 В не учитывается, так как оно невелико по сравнению с их индуктивным сопротивлением. Учитывают активное сопротивление воздушных линий с проводами малых сечений, а также протяженных кабельных линий. Обычно активное сопротивление цепи короткого замыкания целесообразно учитывать, когда оно больше $1/3$ индуктивного сопротивления той же цепи.

В установках напряжением выше 1000 В учитываются индуктивные сопротивления всех выше перечисленных элементов, а также кабелей и шин длиной 10 – 15 м и более, первичных обмоток трансформаторов тока (многовитковых), катушек максимальных расцепителей автоматов, контактов рубильников и автоматов. Можно не учитывать те элементы цепи, суммарное влияние которых на величину полного сопротивления цепи не превышает 10 %.

Активное сопротивление элементов напряжением до 1000 В следует учитывать, так же оно относительно велико по сравнению с их индуктивным сопротивлением.

Номинальные напряжения элементов схемы замещения заменяют средними, то есть их увеличивают на 5 %. В результате получают следующую шкалу: 0,23; 0,4; 6,3; 10,5; 37; 115 кВ и т. д.

В схеме замещения сопротивления записывают в виде дроби: в числителе указываются вид сопротивления и порядковый номер элемента, в знаменателе – значения сопротивления.

3. Преобразовывают схему замещения к простейшему виду. Используя известные из электротехники правила, преобразовывают сопротивления схемы замещения к одному результирующему, с одной стороны которого находится источник питания, с другой – точка короткого замыкания.

4. Выбирают вид короткого замыкания. Он определяется задачей расчета. Если необходимо знать максимальные значения токов, то в сетях 10 и 35 кВ таковыми являются токи трехфазного короткого замыкания, минимальными –

двухфазного. В сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением 110 кВ и выше, а также 380/220 В токи однофазного короткого замыкания могут быть больше трехфазного.

5. Определяют непосредственно ток короткого замыкания. В зависимости от задач расчета и расчетной схемы могут применяться различные способы расчета.

1.3 Определение сопротивлений схемы замещения преобразование ее к простейшему виду

Метод именованных единиц. В этом случае все элементы цепи короткого замыкания приводят к одному базисному напряжению (U_6). За базисное напряжение принимают среднее номинальное напряжение той ступени, где находится точка короткого замыкания.

Тогда сопротивление элементов схемы замещения в Омах, приведенные к базисному напряжению, определяют по формулам:

- для системы

$$x_c = x_{*c} \frac{U_6^2}{S_{н.с.}}; \quad (1.1)$$

- для генератора

$$x_{Г} = x_{*d}'' \frac{U_6^2}{S_{н.Г}}; \quad (1.2)$$

- для трансформатора

$$z_{Т} = \frac{U_{к}}{100} \frac{U_6^2}{S_{н.Т}}; \quad (1.3)$$

$$r_{Т} = \Delta P_{М} \frac{U_6^2}{S_{н.Т}^2}; \quad (1.4)$$

$$x_{Т} = \sqrt{z_{Т}^2 - r_{Т}^2}; \quad (1.5)$$

- для реактора

$$x_p = \frac{x_p}{100} \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3}I_{н.р.}}; \quad (1.6)$$

- для асинхронного двигателя

$$x_d = \frac{U_{\delta}^2}{S_{н.д} k_{п}}; \quad (1.7)$$

- для линий электропередачи

$$x_{л} = x_0 I \left(\frac{U_{\delta}}{U_{н}} \right)^2; \quad (1.8)$$

$$r_{л} = r_0 I \left(\frac{U_{\delta}}{U_{н}} \right)^2; \quad (1.9)$$

где $S_{н.с}$, $S_{н.г}$, $S_{н.т}$, $S_{н.д}$ – номинальные мощности системы, генератора, трансформатора, электродвигателя, МВ·А;

$x_{*с}$, $x''_{*д}$ – индуктивные сопротивления системы и генератора, %;

U_k – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

ΔP_M – потери мощности в обмотках трансформатора, кВт;

z_T , r_T , x_T – полное, активное и индуктивное сопротивления трансформатора, Ом;

x_p – индуктивное сопротивление реактора, %;

$I_{н.р}$ – номинальный ток реактора, кА;

$k_{п}$ – кратность пускового тока электродвигателя в относительных единицах;

x_0 , r_0 – индуктивное и активное сопротивления одного километра линии, Ом/км;

l – длина линии, км;

$U_{н}$ – номинальное напряжение линии, кВ.

Средние значения сверхпереходных индуктивных сопротивлений источников питания x''_{*d} приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Средние значения сверхпереходных индуктивных сопротивлений источников питания

Источники питания	x''_{*d}
Турбогенератор	0,125
Гидрогенератор (явнополюсный) с успокоительной обмоткой	0,2
То же без успокоительной обмотки	0,27
Синхронный компенсатор	0,16
Синхронный и асинхронный двигатели	0,2

Метод относительных единиц. При расчете в относительных единицах все величины, входящие в расчет (сопротивления, токи, напряжения, мощности), выражаются в долях единицы или процентах по отношению к некоторым соответствующим величинам, принятым в качестве основных или базисных. Так как эти величины взаимосвязаны между собой законом Ома, то достаточно задаться только двумя величинами. Обычно задаются базисной мощностью $S_{\text{б}}$ и базисным напряжением $U_{\text{б}}$.

Значение базисной мощности принимают произвольно. Обычно принимают величину, удобную для вычисления, чаще всего 100 МВ·А. Иногда удобно принимать базисную мощность, равную сумме номинальных мощностей генераторов, от которых определяется ток короткого замыкания ($S_{\text{б}} = \sum S_{\text{н.г}}$).

За базисное напряжение принимается среднее напряжение, т.е. номинальное, умноженное на 1,05 той ступени трансформации, где находится расчетная точка короткого замыкания. Таким образом, в системе имеют место столько базисных напряжений, сколько ступеней трансформации.

Сопротивление схемы замещения в относительных единицах определяют по нижеприведенным формулам.

Для системы:

$$x_{*c} = \frac{S_{\bar{6}}}{S_{к.с}}. \quad (1.10)$$

где $S_{к.с}$ – мощность короткого замыкания в точке присоединения электроустановки к системе.

Для генератора:

$$x_{*Г} = x''_{*d} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{н.Г}}. \quad (1.11)$$

Для трансформатора:

$$x_{*Т} = \frac{U_{к}}{100} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{н.Т}}. \quad (1.12)$$

Для реактора:

$$x_{*Р} = \frac{x_p}{100} \frac{I_{\bar{6}}}{I_{н.Р}}, \quad (1.13)$$

где $I_{\bar{6}} = \frac{S_{\bar{6}}}{\sqrt{3}U_{\bar{6}}}$ – базисный ток.

Для линий (воздушных, кабельных):

$$x_{*Л} = x_0 I \frac{S_{\bar{6}}}{U_{ср}^2}, \quad (1.14)$$

$$r_{*Л} = r_0 I \frac{S_{\bar{6}}}{U_{ср}^2}, \quad (1.15)$$

где $U_{ср}$ – среднее напряжение ступени (принимается $U_{ср} = 1,05 U_{н}$), кВ.

Преобразование схемы замещения. Приведение схемы замещения к простейшему виду производится путем использования известных из электротехники методов преобразования. Приведем основные из них.

1. При последовательном соединении сопротивлений схемы замещения (рис. 1.1) результирующее (суммарное) сопротивление будет равно их сумме:

$$x_{*рез} = x_{*1} + x_{*2} + \dots + x_{*n}, \quad (1.16)$$

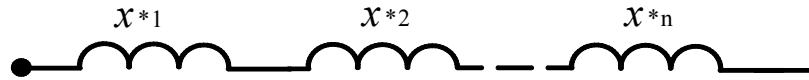


Рисунок 1.1 Последовательное соединение сопротивлений

2. При параллельном соединении сопротивлений (рис.1.2) результирующее сопротивление будет находиться по формуле:

$$x_{*рез} = \frac{1}{\frac{1}{x_{*1}} + \frac{1}{x_{*2}} + \dots + \frac{1}{x_{*n}}}. \quad (1.17)$$

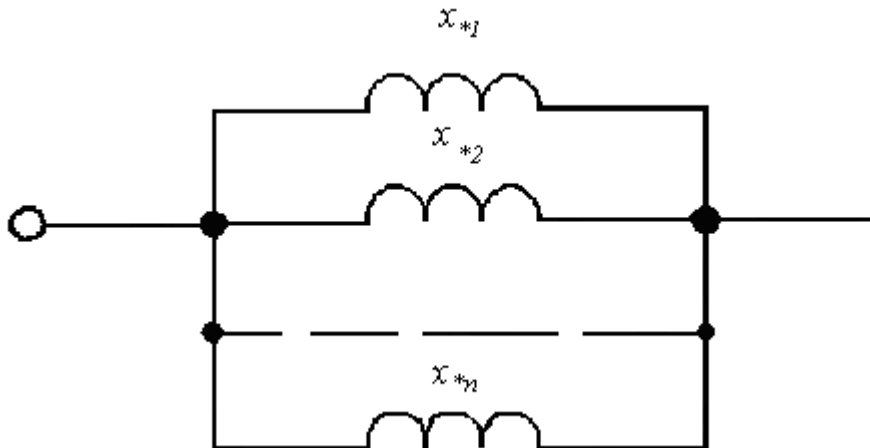


Рисунок 1.2 Параллельное соединение сопротивлений

3. При преобразовании схемы замещения может оказаться, что сопротивления соединены в звезду. Их необходимо преобразовать в эквивалентный треугольник и наоборот (рис. 1.3).

При преобразовании сопротивлений, соединенных в треугольник, в

эквивалентную звезду сопротивление звезды определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 x_{*1} &= \frac{x_{*12}x_{*31}}{x_{*12} + x_{*23} + x_{*31}}; \\
 x_{*2} &= \frac{x_{*12}x_{*23}}{x_{*12} + x_{*23} + x_{*31}}; \\
 x_{*3} &= \frac{x_{*23}x_{*31}}{x_{*12} + x_{*23} + x_{*31}}.
 \end{aligned}
 \tag{1.18}$$

При преобразовании сопротивлений, соединенных в звезду, эквивалентный треугольник сопротивления стороны треугольника находят из выражений:

$$\begin{aligned}
 x_{*12} &= x_{*1} + x_{*2} + \frac{x_{*1}x_{*2}}{x_{*3}}; \\
 x_{*23} &= x_{*2} + x_{*3} + \frac{x_{*2}x_{*3}}{x_{*1}}; \\
 x_{*31} &= x_{*3} + x_{*1} + \frac{x_{*1}x_{*3}}{x_{*2}}.
 \end{aligned}
 \tag{1.19}$$

После упрощения схемы получают одно результирующее сопротивление $x_{*рез}$. Если в расчете учитываются активные сопротивления, то необходимо получить результирующее активное сопротивление $r_{*рез}$. В этом случае находят

полное результирующее сопротивление по формуле:

$$z_{*рез} = \sqrt{r_{*рез}^2 + x_{*рез}^2} \cdot \quad (1.20)$$

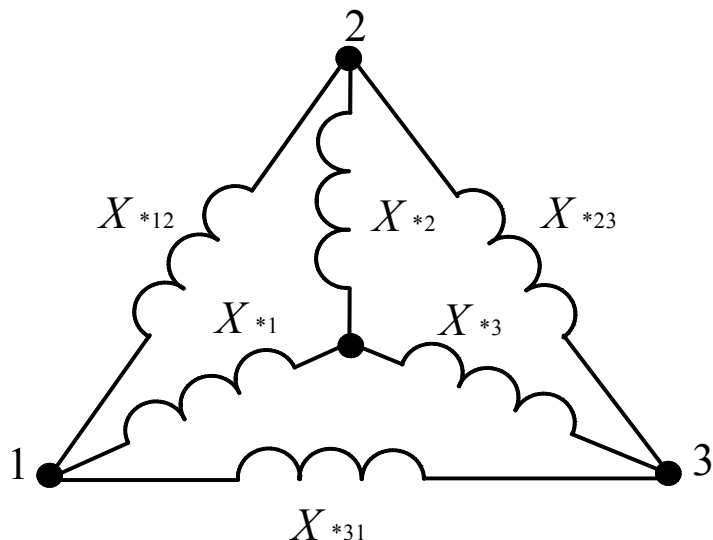


Рисунок 1.3 Преобразование треугольника сопротивления в эквивалентную звезду и наоборот

1.4 Определение токов короткого замыкания в сети, питающейся от мощной энергосистемы

При коротких замыканиях происходит резкое нарушение режимов работы электрической системы. По мере удаления точки короткого замыкания от электростанции короткое замыкание все меньше сказывается на режимах работы генераторов. И, начиная с определенной электрической удаленности, можно пренебречь сопротивлениями генераторов и считать, что рассматриваемая сеть присоединена к точке, напряжение которой в процессе короткого замыкания не меняется. В этом случае считается, что сеть присоединена к источнику неограниченной мощности ($S_c = \infty$) внутреннее сопротивление которого равно нулю ($z_c = 0$).

При питании от системы бесконечной мощности ток сверхпереходный (I'') равен току переходному (I') и равен установившемуся (I_∞), и его просто

называют током короткого замыкания (I_K).

То есть

$$I'' = I' = I_\infty = I_K. \quad (1.21)$$

Порядок расчёта.

1. Для исходной расчётной схемы составляют схему замещения.
2. Определяют сопротивления элементов схемы, например, в относительных единицах по выражениям (1.10 – 1.15).

Если известно лишь напряжение шин, к которым присоединена рассматриваемая сеть, то сопротивление системы $x_c = 0$. Если известна мощность короткого замыкания в точке присоединения, то по выражениям (1.1) или (1.10) определяется сопротивление системы, и оно учитывается в результирующем сопротивлении.

$$x_{*рез} = x_{*c} + \sum x_{*вн}, \quad (1.22)$$

где $\sum x_{*вн}$ – суммарное внешнее сопротивление всех элементов сети.

3. Определяют токи короткого замыкания.

Трёхфазный

$$I_K^{(3)} = \frac{I_6}{x_{*рез}}; \quad (1.23)$$

ударный

$$i_y = \sqrt{2} k_y I_K^{(3)}, \quad (1.24)$$

где k_y – ударный коэффициент.

Для сельских электрических сетей, которые питаются от мощных энергосистем, при коротких замыканиях на шинах низкого напряжения подстанции напряжением 110 кВ и выше ударный коэффициент следует принимать $k_y = 1,8$. При коротких замыканиях на шинах 10 и 35 кВ подстанции с высшим напряжением 35 кВ $k_y = 1,5$. При коротких замыканиях в сетях 10 и 0,38 кВ ударный коэффициент $k_y = 1$.

4. Мощность трехфазного короткого замыкания определяется по формулам:

$$S_{\text{к}}^{(3)} = \frac{S_{\text{б}}}{x_{*\text{рез}}} \quad (1.25)$$

или

$$S_{\text{к}}^{(3)} = \sqrt{3} I_{\text{к}}^{(3)} U_{\text{ср}}. \quad (1.26)$$

Пример 1.1. Определить ток короткого замыкания, ударный ток и мощность короткого замыкания на шинах подстанции 10/0,4 кВ и в конце отходящей линии 380 В (в точках К1, К2, К3).

Линия напряжением 35 кВ выполнена проводом марки АС-70, длина ее, $l_1=10$ км. Линия напряжением 10 кВ выполнена проводом марки Ап-35, ее длина $l_2=6$ км. Линия напряжением 380 В выполнена проводом марки АС-35, длина ее $l_3=0,5$ км.

Трансформатор напряжением 35/10 кВ имеет мощность $S_{\text{нт1}}=2500$ кВ·А, напряжение короткого замыкания $U_{\text{к1}}=6,5\%$.

Трансформатор напряжением 10/0,4 кВ имеет мощность $S_{\text{нт2,3}}=2 \times 250$ кВ·А, $U_{\text{к2}}=4,5\%$. Мощность короткого замыкания в точке присоединения линии 35 кВ к системе $S_{\text{к}}=400$ МВ·А.

Расчетная схема имеет вид, представленный на рис. 1.4.

Решение

1. На основании расчетной схемы строим схему замещения (рис. 1.5). Все элементы заменяем сопротивлениями. Так как активные сопротивления малы кроме ВЛ 380 В, ими пренебрегаем.

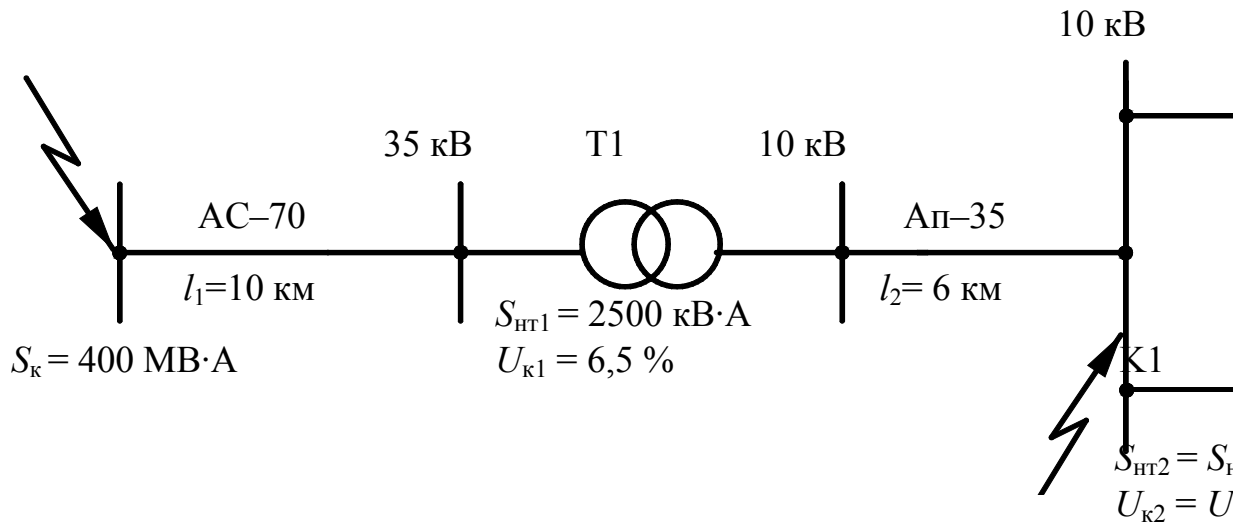


Рисунок 1.4 Расчетная схема

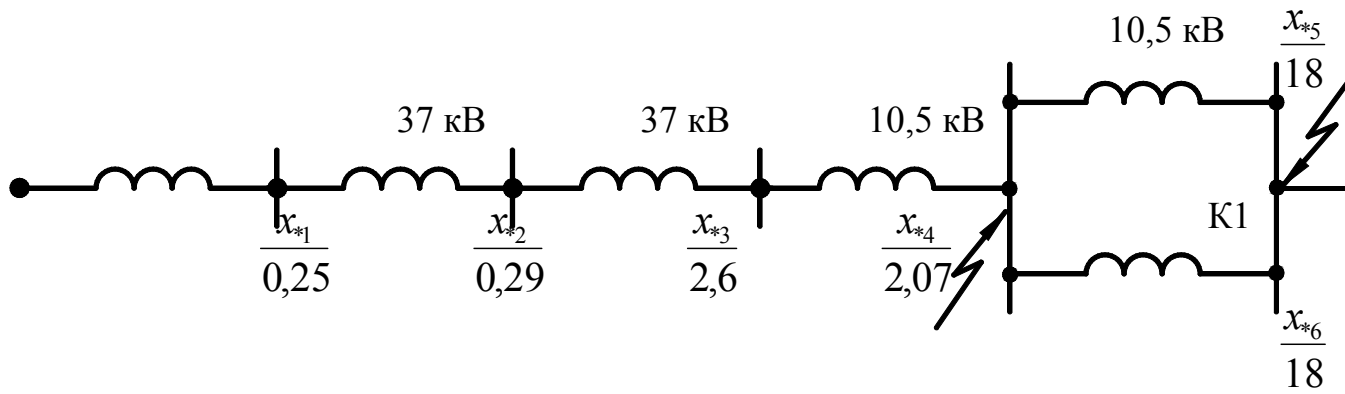


Рисунок 1.5 Схема замещения

2. Расчет будем вести в относительных единицах. Примем базисную мощность $S_6 = 100 \text{ МВ}\cdot\text{А}$, базисное напряжение в точке К1 $U_{61} = 10,5 \text{ кВ}$, в точках К2 и К3 $U_{62} = U_{63} = 0,4 \text{ кВ}$.

3. Определим относительные базисные сопротивления элементов схемы и нанесем их на схему замещения.

Реактивное сопротивление системы:

$$x_c = x_{*1} = \frac{S_6}{S_k} = \frac{100}{400} = 0,25.$$

Реактивное сопротивление линии напряжением 35кВ:

$$x_{л1} = x_{*2} = x_0 l_1 \frac{S_6}{U_6^2} = \frac{0,4 \times 10 \times 100}{37^2} = 0,29$$

где $x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ – реактивное сопротивление одного километра линии;

$U_6 = 37 \text{ кВ}$ – базисное напряжение ВЛ 35 кВ.

Реактивное сопротивление трансформатора напряжением 35/10 кВ:

$$x_{т1} = x_{*3} = \frac{U_k}{100} \frac{S_6}{S_{н.т1}} = \frac{6,5}{100} \times \frac{100}{2,5} = 2,6.$$

Реактивное сопротивление линии напряжением 10 кВ

$$x_{л2} = x_{*4} = x_0 l_2 \frac{S_6}{U_6^2} = \frac{0,38 \times 6 \times 100}{10,5^2} = 2,07.$$

Реактивное сопротивление трансформатора напряжением 10/0,4 кВ:

$$x_{т2} = x_{т3} = x_{*5} = x_{*6} = \frac{U_k}{100} \frac{S_6}{S_{н.т}} = \frac{4,5}{100} \times \frac{100}{0,25} = 18.$$

Реактивное сопротивление линии напряжением 0,38 кВ

$$x_{л3} = x_{*7} = x_0 l_3 \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,35 \times 0,5 \times \frac{100}{0,4^2} = 109,38.$$

Активное сопротивление линии напряжением 0,38 кВ

$$r_{л3} = r_{*7} = r_0 l_3 \frac{S_6}{U_{62}^2} = 1,76 \times 0,5 \times \frac{100}{0,4^2} = 550$$

где $r_0=1,76$ Ом/км – активное сопротивление одного километра линии с проводом АС-35.

4. Преобразуем схему к простейшему виду. Определим результирующие сопротивления до точек короткого замыкания.

Результирующее сопротивление до точки К1:

$$x_{*рез1} = x_{*1} + x_{*2} + x_{*3} + x_{*4} = 0,25 + 0,29 + 2,6 + 2,07 = 5,21.$$

Результирующее сопротивление до точки К2:

$$x_{*рез2} = x_{*рез1} + \frac{x_{*5}x_{*6}}{x_{*5} + x_{*6}} = 5,21 + \frac{18^2}{18 + 18} = 14,21$$

Результирующее сопротивление до точки К3:

- реактивное

$$x_{*рез3} = x_{*рез2} + x_{*7} = 14,21 + 109,38 = 123,59$$

- полное

$$z_{*рез3} = \sqrt{r_{*7}^2 + x_{*рез3}^2} = \sqrt{550^2 + 123,59^2} = 563,7.$$

5. Определим базисные токи:

– в точке К1

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{61}} = \frac{100}{1,73 \times 10,5} = 5,5 \text{ кА};$$

– в точке К2

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{62}} = \frac{100}{1,73 \times 0,4} = 144 \text{ кА};$$

в точке К3

$$I_{63} = I_{62} = 144 \text{ кА} .$$

6. Определим токи и мощность короткого замыкания.

Точка К1:

$$I_{K1} = I_{\infty 1} = \frac{I_{\delta 1}}{x_{*рез1}} = \frac{5,5}{5,21} = 1,05 \text{ кА};$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} k_y I_{K1} = 1,41 \times 1 \times 1,05 = 1,48 \text{ кА};$$

$$S_{K1} = \frac{S}{x_{*рез1}} = \frac{100}{5,21} = 19,19 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Точка К2:

$$I_{K2} = I_{\infty 2} = \frac{I_{\delta 2}}{x_{*рез2}} = \frac{144}{14,21} = 10,2 \text{ кА};$$

$$i_{y2} = \sqrt{2} k_y I_{K2} = 1,41 \times 1 \times 10,2 = 14,38 \text{ кА};$$

$$S_{K2} = \frac{S_{\delta}}{x_{*рез2}} = \frac{100}{14,21} = 7,04 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Точка К3:

$$I_{K3} = I_{\infty 3} = \frac{I_{\delta 3}}{x_{*рез3}} = \frac{144}{563,7} = 0,26 \text{ кА};$$

$$i_{y3} = \sqrt{2} k_y I_{K3} = 1,41 \times 1 \times 0,26 = 0,36 \text{ кА};$$

$$S_{K3} = \frac{S_{\delta}}{x_{*рез3}} = \frac{100}{563,7} = 0,18 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

1.5 Определение тока короткого замыкания по расчетным кривым

В ряде случаев, например, при выборе электрооборудования, расчете

релейной защиты, необходимо знать ток короткого замыкания в любой момент времени t только в ветви непосредственно связанной с точкой короткого замыкания. Для этого надо знать ЭДС E_t генератора и его индуктивное сопротивление для этого момента времени. Определить величину E_t крайне сложно. Поэтому на практике значение периодической слагающей тока короткого замыкания в различные моменты процесса короткого замыкания определяют по специальным расчетным кривым. Они представляют собой зависимость периодической слагающей тока короткого замыкания от расчетного сопротивления для различных моментов времени от нуля до бесконечности.

Такие кривые приводятся в справочной литературе для турбогенераторов и гидрогенераторов, с АРВ и без АРВ.

Порядок расчета

1. Задаются базисной мощностью $S_б$ и базисным напряжением $U_б$.
2. Для исходной расчетной схемы составляют схему замещения. Генераторы вводят в систему сверхпереходными сопротивлениями x''_d . Нагрузку не учитывают. Учитывают только крупные электродвигатели и синхронные компенсаторы, расположенные близко от точки короткого замыкания.
3. Определяют сопротивления элементов схемы, например, в относительных единицах. Генераторы, входящие в схему и находящиеся в равных условиях, заменяют одним эквивалентным генератором мощностью:

$$\sum S_H = S_{H1} + S_{H2} + \dots + S_{Hn}, \quad (1.27)$$

где S_{H1}, S_{H2}, S_{Hn} – номинальная мощность каждого отдельного генератора.

Нельзя заменять генераторы одним, если они разного типа (турбогенераторы, гидрогенераторы), имеют разную удаленность от точки короткого замыкания, с АРВ и без АРВ, несоизмеримой мощности.

В подобных случаях выделяют отдельные ветви. Система неограниченной мощности выделяется в самостоятельную генерирующую ветвь.

4. Путем последовательных преобразований схему замещения приводят к простейшему виду и определяют $x^*_{рез}$.

5. Для каждой генерирующей ветви находят расчётное сопротивление:

$$x^*_{расч} = x^*_{рез} \frac{\sum S_H}{S_6} \quad (1.28)$$

Если $x^*_{расч} < 3$, то по соответствующим кривым (рис. 1.6), используя полученное значение $x^*_{расч}$, находят периодическую слагающую тока короткого замыкания I^*_{nt} для нужного момента времени t .

Значение тока в именованных единицах (А, кА) определяется по формуле:

$$I_{nt} = I^*_{nt} \sum I_{нг} \quad (1.29)$$

где $\sum I_{нг} = \frac{\sum S_{нг}}{\sqrt{3} \times U_{ср.н}}$ – номинальный ток генерирующей ветви, приведенный к

среднему напряжению той ступени, где находится точка короткого замыкания ($U_{ср.н}$).

Если $x^*_{расч} > 3$, то значение тока короткого замыкания для всех моментов времени будет постоянным и определяется по формуле:

$$I'' = I_{\infty} = I_k = \frac{\sum I_{нг}}{X^*_{расч}} \quad (1.30)$$

Можно определить значение тока по формуле (1.23) как от системы бесконечной мощности:

$$I_k = \frac{I_6}{x^*_{рез}}$$

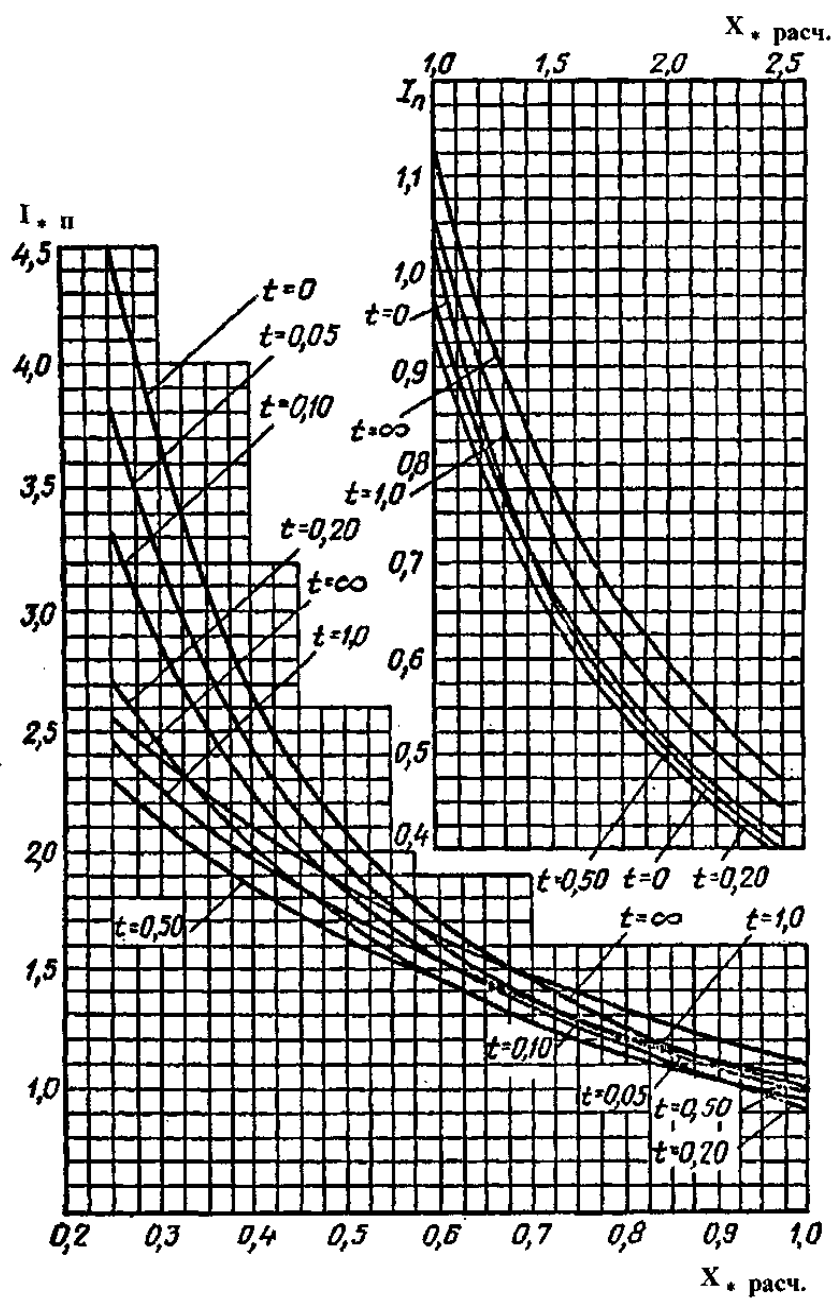


Рисунок 1.6 Расчетные кривые изменения токов к.з. для генераторов сельских электростанций с АРВ

7. Определяется мощность короткого замыкания для момента времени t :

$$S_{nt} = I_{*nt} \sum S_{нг}, \quad (1.31)$$

а при $x_{*расч} > 3$

$$S_{nt} = S_K = \frac{\sum S_{\text{нг}}}{x_{*\text{расч}}} = \frac{S_6}{x_{*\text{рез}}}. \quad (1.32)$$

Можно использовать общее выражение:

$$S_{nt} = \sqrt{3}U_{\text{ср.н}}I_{nt} \quad (1.33)$$

Определение тока короткого замыкания по расчетным кривым, когда все генераторы объединяются в одну мощность, равной сумме их мощностей, называется расчетом по общему изменению.

Пример 1.2. Определить по расчетным кривым токи трехфазного короткого замыкания для моментов времени $t = 0; 0,2; 0,5; 1$ с и ∞ в точке К при наличии у генератора автоматического регулятора напряжения (АРН).

Параметры элементов схемы электроснабжения приведены на расчетной схеме (рис. 1.7).

Рисунок 1.7 Расчетная схема

Решение

1. Расчет будем вести в относительных единицах. Примем базисную мощность $S_6 = 100$ МВ·А, базисное напряжение в точке К $U_6 = 10,5$ кВ.

2. Составим схему замещения (рис. 1.8). Активными сопротивлениями пренебрегаем.

Рисунок 1.8 Схема замещения

3. Определим сопротивление элементов схемы замещения:

- для генераторов Г1 и Г2:

$$x_{*1} = x_{*2} = x_{*d} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н.г.}}} = 0,25 \times \frac{100}{1,25} = 20,$$

где $S_{\text{н.г.}} = \frac{P_{\text{н.г.}}}{\cos\varphi} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ — полная номинальная мощность

генератора;

- для трансформаторов Т1 и Т2:

$$x_{*3} = x_{*4} = \frac{U_{\text{к}}}{100} \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{нт}}} = \frac{6,5}{100} \times \frac{100}{1} = 6,5;$$

- для линии Л1:

$$x_{*5} = x_0 l_1 \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,4 \times 25 \times \frac{100}{37^2} = 0,73;$$

- для трансформатора ТЗ:

$$x_{*6} = \frac{U_K}{100} \frac{S_6}{S_{HT}} = \frac{6,5}{100} \times \frac{100}{1,6} = 4,06;$$

- для линии Л2:

$$x_{*7} = x_0 l_1 = \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \times 8 \times \frac{100}{10,5^2} = 2,9.$$

4. Определим результирующее сопротивление:

$$x_{*рез} = \frac{x_{*1}}{2} + \frac{x_{*3}}{2} + x_{*5} + x_{*6} + x_{*7} = \frac{20}{2} + \frac{6,5}{2} + 0,73 + 4,06 + 2,9 = 20,94.$$

5. По формуле (1.28) определим расчетное сопротивление:

$$x_{*расч} = x_{*рез} \frac{\sum S_{HT}}{S_6} = 20,94 \times \frac{2 \times 1,25}{100} = 0,52.$$

6. Так как $x_{*расч} < 3$, то по кривым (рис. 1.6) находим I_{*n} для заданных моментов времени. Результаты заносим в табл. 1.2

Таблица 1.2

Результаты расчетов

Время, с	Значение токов короткого замыкания в		Мощность короткого замыкания
	о.е.	кА	МВ·А
0	1,95	0,25	4,87
0,2	1,62	0,21	4,05
0,5	1,58	0,2	3,95
1	1,65	0,21	4,12
∞	1,8	0,23	4,5

7. Значение токов в именованных единицах определяют по формуле (1.29)

$$I_{nt=0} = I_{*nt=0} \times \sum I_{\text{нГ}} = 1,95 \times 0,13 = 0,25 \text{ кА},$$

$$\text{где } \sum I_{\text{нГ}} = \frac{\sum S_{\text{нГ}}}{\sqrt{3}U_{\text{ср}}} = \frac{2 \times 1,25}{1,73 \times 10,5} = 0,13 \text{ кА}.$$

$$I_{nt=0,2} = 1,62 \times 0,13 = 0,21 \text{ кА};$$

$$I_{nt=0,5} = 1,58 \times 0,13 = 0,2 \text{ кА};$$

$$I_{nt=1} = 1,65 \times 0,13 = 0,21 \text{ кА};$$

$$I_{nt=\infty} = 1,8 \times 0,13 = 0,23 \text{ кА}.$$

Результаты расчетов заносим в табл. 1.2.

8. Определяем мощность короткого замыкания по формуле (1.31).

$$S_{nt=0} = I_{*nt=0} \sum S_{\text{нГ}} = 1,95 \times 2,5 = 4,87 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{nt=0,2} = 1,62 \times 2,5 = 4,05 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{nt=0,5} = 1,58 \times 2,5 = 3,95 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{nt=1} = 1,65 \times 2,5 = 4,12 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{nt=\infty} = 1,80 \times 2,5 = 4,50 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Результаты расчетов заносим в табл. 1.2.

1.6 Расчет токов короткого замыкания в точке, питающейся от разноудаленных источников

В случаях, когда изменение периодической составляющей тока короткого замыкания от разных источников различны, что имеет место при различной удаленности электростанций от места короткого замыкания, наличии в системе источника неограниченной мощности, при наличии в системе неоднородных источников (турбогенераторы и гидрогенераторы), расчет ведут по индивидуальному изменению. Это значит, определяют ток короткого замыкания отдельно для генераторов или для группы генераторов, находящихся примерно в равных условиях, и полученные величины складывают, что и даёт значение тока в данной точке.

Если в системе электроснабжения имеется источник неограниченной мощности, ток короткого замыкания от него определяется отдельно, и прибавляется к току других источников.

Порядок расчета

1. Задаются базисной мощностью S_{δ} базисным напряжением U_{δ} .
2. На основании расчетной схемы составляют схему замещения и определяют сопротивления всех ее элементов.
3. Путем последовательных преобразований, используя выражения (1.16–1.19), схему замещения приводят к виду двухлучевой. Генераторы, находящиеся примерно в равных условиях, объединяют в однородные группы. Определяют результирующее сопротивление каждой генерирующей ветви $x^*_{рез1}$ и $x^*_{рез2}$.
4. Находят расчетные сопротивления ветви:

$$x^*_{расч1} = x^*_{рез1} \frac{\sum S_{н1}}{S_{\delta}}; \quad (1.34)$$

$$x^*_{\text{расч2}} = x^*_{\text{рез2}} \frac{\sum S_{\text{н2}}}{S_{\text{б}}}; \quad (1.35)$$

где $\sum S_{\text{н1}}, \sum S_{\text{н2}}$ – суммарные номинальные мощности генераторов первой и соответственно второй генерирующей ветви.

5. Изложенными выше методами определяют токи, короткого замыкания от каждой генерирующей ветви в отдельности $I_{\text{к1}}$ и $I_{\text{к2}}$. Сумма этих токов дает действительное значение тока короткого замыкания в расчетной точке.

Ток короткого замыкания от источника неограниченной мощности (если он есть в сети) можно определить отдельно и прибавить к токам $I_{\text{к1}}$ и $I_{\text{к2}}$.

Пример 1.3. Определить ток трехфазного короткого замыкания в точке К, если питание предприятия осуществляется от ГЭС малой мощности и энергосистемы. Параметры элементов схемы электроснабжения приведены на расчетной схеме (рис. 1.9).

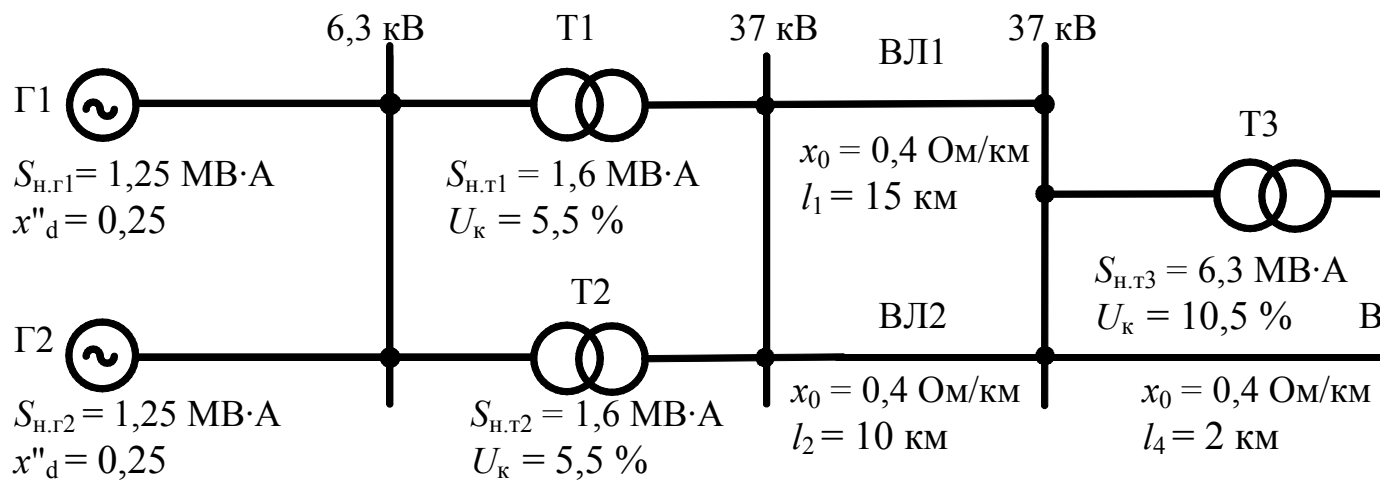


Рисунок 1.9 Расчетная схема

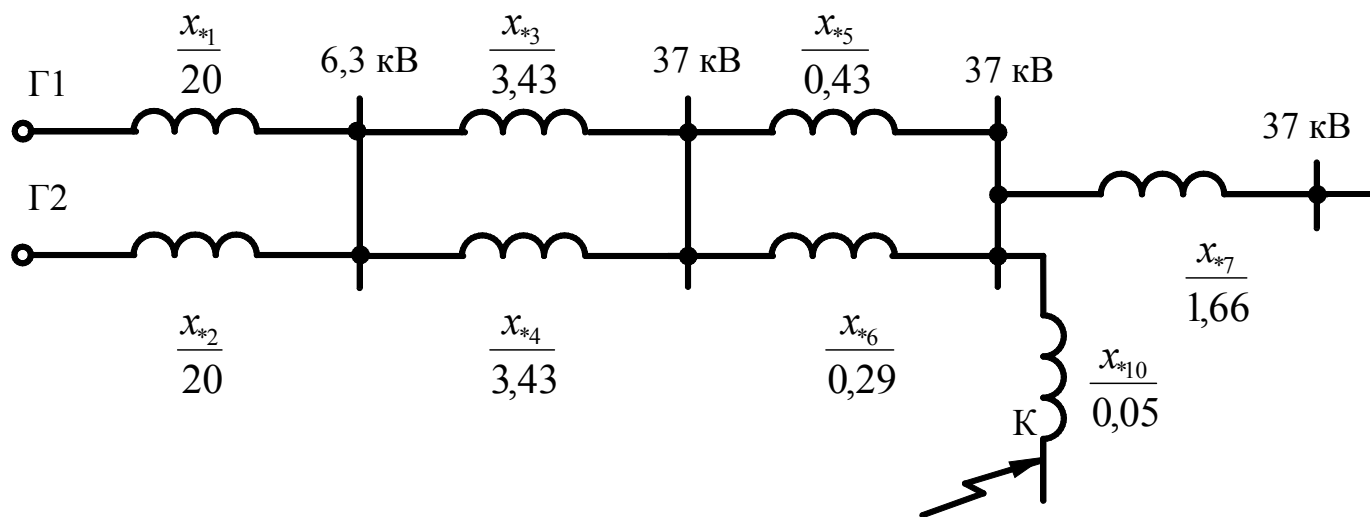


Рисунок 1.10 Схема замещения

Решение:

1. Принимаем за базисную мощность $S_{\bar{6}} = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, за базисное напряжение $U_{\bar{6}} = 115 \text{ кВ}$ и $U_{\bar{6}} = 37 \text{ кВ}$. Расчёт будем вести в относительных единицах.

2. Составим схему замещения (рис. 1.10) и определим сопротивления всех ее элементов. Активными сопротивлениями пренебрегаем.

Для генераторов Г1 и Г2:

$$x_{*1} = x_{*2} = x''_{*d} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НГ}}} = 0,25 \times \frac{100}{1,25} = 20.$$

Для трансформаторов Т1 и Т2:

$$x_{*3} = x_{*4} = \frac{U_{\text{к}}}{100} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НТ}}} = \frac{5,5}{100} \times \frac{100}{1,6} = 3,43.$$

Для линии ВЛ1:

$$x_{*5} = x_0 l \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,4 \times 15 \times \frac{100}{37^2} = 0,43.$$

Для линии ВЛ2:

$$x_{*6} = x_0 l \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\bar{6}}^2} = 0,4 \times 10 \times \frac{100}{37^2} = 0,29.$$

Для трансформатора Т3:

$$x_{*7} = \frac{U_{\text{к}}}{100} \frac{S_{\bar{6}}}{S_{\text{НТ}}} = \frac{10,5}{100} \times \frac{100}{6,3} = 1,66.$$

Для линии ВЛ3:

$$x_{*8} = x_0 l \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\bar{6}}^2} = 0,4 \times 80 \times \frac{100}{115^2} = 0,24.$$

Для системы:

$$x_{*9} = \frac{S_6}{S_K} = \frac{100}{630} = 0,15.$$

Для линии ВЛ4:

$$x_{*10} = x_0 l \frac{S_6}{U_6^2} = 0,4 \times 2 \times \frac{100}{37^2} = 0,05.$$

3. Преобразуем схему замещения к простейшему виду. Так как генераторы имеют одинаковые параметры, то их можно объединить.

Поэтому:

$$x_{*11} = \frac{x_{*1}}{2} + \frac{x_{*3}}{2} + \frac{x_{*5} \times x_{*6}}{x_{*5} + x_{*6}} = \frac{20}{2} + \frac{3,43}{2} + \frac{0,43 \times 0,29}{0,43 + 0,29} = 11,87.$$

Систему и генераторы объединить нельзя. Тогда:

$$x_{*12} = x_{*7} + x_{*8} + x_{*9} = 1,66 + 0,24 + 0,15 = 2,05.$$

После упрощения схема замещения получила вид трехлучевой (рис. 1.11).

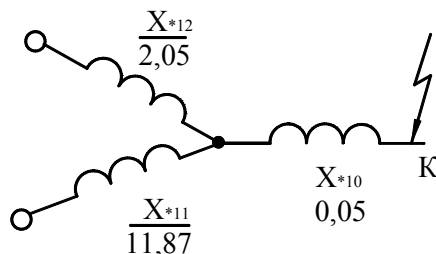


Рисунок 1.11 Трехлучевая схема замещения

4. Преобразуем трехлучевую схему замещения к виду двухлучевой (рис.1.12).

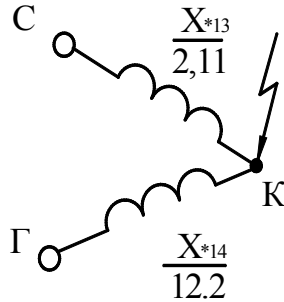


Рисунок 1.12. Двухлучевая схема замещения

По выражениям (1.19):

$$x_{*13} = x_{*12} + x_{*10} + \frac{x_{*12}x_{*10}}{x_{*11}} = 2,05 + 0,05 + \frac{2,05 \times 0,05}{11,87} = 2,11.$$

$$x_{*14} = x_{*11} + x_{*10} + \frac{x_{*11}x_{*10}}{x_{*12}} = 11,87 + 0,05 + \frac{11,87 \times 0,05}{2,05} = 12,2.$$

5. Определим расчетное сопротивление генерирующей ветви со стороны генераторов:

$$x_{*расч14} = x_{*рез14} \frac{\sum S_{н.г.}}{S_6} = 12,2 \times \frac{2 \times 1,25}{100} = 0,30.$$

6. Определим точки короткого замыкания для моментов времени $t = 0; 0,5; \infty$.

От системы по выражению (1.23):

$$I_{kt=0} = I_{kt=0,5} = I_{kt=\infty} = I_{kc} = \frac{I_{\delta}}{x_{*13}} = \frac{1,56}{2,11} = 0,73 \text{ кА},$$

где $I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}} = \frac{100}{1,73 \times 37} = 1,56 \text{ кА};$

от генераторов по кривым (1.6) относительные значения токов для:

$$t = 0 \quad I_{*t=0} = 3,65;$$

$$t = 0,5 \quad I_{*t=0,5} = 2,05;$$

$$t = \infty \quad I_{*t=\infty} = 2,4.$$

Ток в именованных единицах (кА) от генераторов определяем по формуле (1.29):

$$I_{nt=0} = I_{*t=0} \sum I_{н.т} = 3,65 \times 0,22 = 0,80 \text{ кА};$$

$$I_{nt=0,5} = I_{*t=0,5} \sum I_{н.т} = 2,05 \times 0,22 = 0,45 \text{ кА};$$

$$I_{nt=\infty} = I_{*t=\infty} \sum I_{н.т} = 2,4 \times 0,22 = 0,52 \text{ кА},$$

где $\sum I_{нг} = \frac{\sum S_{нг}}{\sqrt{3}U_{н}} = \frac{2 \times 1,25}{1,73 \times 6,3} = 0,22 \text{ кА}$ — суммарный номинальный ток

генераторов.

Ток короткого замыкания в точке К равен сумме токов от системы и от генераторов.

$$I_{kt=0} = I_{nt=0} = I_{kc} = 0,80 + 0,73 = 1,53 \text{ кА};$$

$$I_{kt=0,5} = I_{nt=0,5} = I_{kc} = 0,45 + 0,73 = 1,18 \text{ кА};$$

$$I_{kt=\infty} = I_{nt=\infty} = I_{kc} = 0,52 + 0,73 = 1,25 \text{ кА}.$$

1.7. Расчет токов при несимметричном коротком замыкании

Токи трехфазного короткого замыкания являются симметричными. Токи двухфазного, двухфазного на землю и однофазного коротких замыканий — несимметричными.

В системах электроснабжения предприятий для выборов проверки параметров релейной защиты и автоматики бывает необходимо знать и токи несимметричных коротких замыканий. В основу их расчета положен метод симметричных соответствующих, суть которого заключается в том, что любую несимметричную систему векторов можно заменить тремя симметричными составляющими: прямой, обратной и нулевой последовательностей.

При расчете несимметричных коротких замыканий также как и симметричных предполагаем, что сопротивления всех трех фаз одинаковы, а насыщение магнитных систем не учитывается. Сопротивления элементов трёхфазной цепи для разных последовательностей могут отличаться друг от друга.

Порядок расчета

1. Для заданной расчетной схемы составляется схема замещения прямой, обратной и нулевой последовательности.

Схема замещения прямой последовательности составляется аналогично схеме замещения для расчета трехфазного короткого замыкания. Она содержит ЭДС прямой последовательности источников питания и составляющую прямой последовательности напряжения в месте короткого замыкания $U_{к1}$ (рис. 1.13, а).

а)

б)

в)

Рисунок 1.13 Схема замещения прямой (а), обратной (б) и нулевой (в) последовательностей

Для всех элементов схемы замещения прямой последовательности индуктивные сопротивления соответствуют индуктивным сопротивлениям трехфазного короткого замыкания, то есть

$$x_1 = x^{(3)}, \quad (1.36)$$

где x_1 – индуктивное сопротивление прямой последовательности;

$x^{(3)}$ – индуктивное сопротивление, которое принималось при расчете трехфазного короткого замыкания.

Схема замещения обратной последовательности (рис. 1.13, б) состоит из тех же элементов, что и схема замещения прямой последовательности, кроме ЭДС генераторов, которая в данном случае равна нулю. Сопротивления обратной последовательности линий, трансформаторов и реакторов принимают равным прямой последовательности $x_1 = x_2$. У синхронных машин сопротивления прямой и обратной последовательности разные. Допускается принимать $x_2 = x_d''$. Для асинхронных электродвигателей обратной последовательности можно считать равным сверхпереходному сопротивлению $x_2 = x''$.

Схему замещения нулевой последовательности (рис. 1.13, в) составляют при несимметричных коротких замыканиях на землю. Составление ее следует начинать от точки, где возникла несимметрия, считая, что в этой точке все фазы замкнуты между собой и к ней приложено напряжение нулевой последовательности $U_{к0}$. С целью получения замкнутой цепи, для протекания токов нулевой последовательности, в схеме должна быть хотя бы одна заземленная нейтраль. Если их несколько, то полученные цепи включаются параллельно. Сопротивление, через которое заземлена нейтраль трансформатора, генератора, двигателя, нагрузки, должно вводиться в схему нулевой последовательности утроенным.

Сопротивления нулевой последовательности у всех элементов сети отличаются от сопротивлений прямой последовательности.

Для синхронных генераторов:

$$x_0 = (0,15 - 0,6)x_d'' \quad (1.37)$$

У трансформаторов сопротивление нулевой последовательности зависит от конструкции и схемы соединения обмоток. Для наиболее распространенных в сельских электрических сетях трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда – звезда с нулем»

$$\left. \begin{aligned} z_0 &= (5 - 10)z_1; \\ r_0 &= (10 - 16)r_1. \end{aligned} \right\} \quad (1.38)$$

При соединении обмоток по схеме «звезда – звезда с нулем»

$$\left. \begin{aligned} z_0 &= (0,1 - 0,3)z_1; \\ r_0 &= r_1. \end{aligned} \right\} \quad (1.39)$$

Для трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда – звезда с нулем»

$$\left. \begin{aligned} z_0 &= (0,1 - 0,3)z_1; \\ r_0 &= 0,5r_1. \end{aligned} \right\} \quad (1.40)$$

Сопротивление нулевой последовательности воздушных линий зависит от конструктивного исполнения линии (одноцепная, двухцепная) и наличия грозозащитных тросов. В приближенных расчетах значения x_0 можно принять по данным табл. 1.3

Таблица 1.3

Сопротивление нулевой последовательности 1 км воздушных линий

Воздушная линия	x_0 , Ом/км	
	без троса	со стальным тросом
Одноцепная	$3,5x_1$	$3x_1$
Двухцепная	$5,5x_1$	$4,7x_1$

Для трехжильных кабелей приближенно можно принять:

$$x_0 = (3,5 - 4,6)x_1 \quad (1.41)$$

2. Путем последовательных преобразований схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности приводят к простейшему виду и определяют результирующие сопротивления $x_{рез1}$, $x_{рез2}$, $x_{рез0}$.

3. Определяют токи любого вида короткого замыкания по выражению:

$$I_K^{(n)} = \frac{m^{(n)} E_1}{z_{рез1} + z_{\Delta}^{(n)}}, \quad (1.42)$$

где $m^{(n)}$ – коэффициент, зависящий от вида короткого замыкания, определяется по табл. 1.4;

$z_{\Delta}^{(n)}$ – дополнительное сопротивление, зависящее от вида короткого замыкания (табл. 1.4.);

E_1 – результирующая ЭДС прямой последовательности.

Таблица 1.4
Расчетные коэффициенты и дополнительные сопротивления

Вид короткого замыкания	$m^{(n)}$	$z_{\Delta}^{(n)}$
Трёхфазное	1	0
Двухфазное	$\sqrt{3}$	$z_{рез2}$
Однофазное	3	$z_{рез2} + z_{рез0}$

После подстановки соответствующих коэффициентов и преобразования формулы (1.42), получим выражения для определения тока двухфазного короткого замыкания:

$$I_K^{(2)} = 0,87 I_K^{(3)}, \quad (1.43)$$

и однофазного:

$$I_K^{(1)} = \frac{3}{2 + \frac{z_{рез0}}{z_{рез1}}} I_K^{(3)}. \quad (1.44)$$

Таким образом, для определения токов несимметричных коротких замыканий не требуется специальных методов.

Ток прямой последовательности определяют по выражению (1.42) или используют обычные методы расчета токов при трехфазном коротком замыкании.

Пример 1.4. Определить токи трехфазного, двухфазного и однофазного короткого замыкания в точке К в начальный момент времени для схемы электрической сети, представленной на рис. 1.14. Параметры элементов, необходимые для расчета, указаны на расчетной схеме.

Рисунок 1.14 Расчетная схема, к примеру 2.4.4

Решение

1. Составим схему замещения прямой, обратной и нулевой последовательности. Схема замещения прямой последовательности не отличается от схемы замещения для расчета токов трехфазного короткого замыкания (рис. 1.15, *a*). Схема замещения обратной последовательности такая же, как и прямой последовательности, только отсутствует ЭДС источника питания. Поэтому в расчетах будем пользоваться схемой, представленной на рис. 1.15, *a*.

Рисунок 1.15. Схемы замещения обратной (а) и нулевой (б) последовательности

Для составления схемы замещения нулевой последовательности определим пути циркуляции токов нулевой последовательности. Со стороны генератора обмотка трансформатора соединена в треугольник. Это значит, что в цепи генератора токи нулевой последовательности не проходят, и, следовательно, сопротивление генератора в схему замещения входить не будет. Так как по условию задан ток однофазного короткого замыкания $I_K^{(1)}$ в системе, то это значит, что со стороны энергосистемы имеются трансформаторы с заземляющими нейтралами. Значит, в схеме замещения нулевой последовательности будут присутствовать сопротивления системы, воздушной линии и трансформатора со стороны обмотки, соединенной в звезду.

2. Методом именованных единиц определим сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей элементов схемы замещения. Сопротивления будем обозначать следующим образом: первый индекс – последовательность, второй – порядковый номер сопротивления.

Энергосистема:

$$x_{2,1} = x_{1,1} = 6,64 \text{ Ом};$$

$$x_{1,1} = \frac{U_{\text{cp}}}{\sqrt{3}I_{\text{к}}^{(3)}} = \frac{115}{1,73 \times 10} = 6,64 \text{ Ом};$$

$x_{0,1}$ определим из формулы:

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{3E_{\text{ф}}''}{x_{\text{рез1}} + x_{\text{рез2}} + x_{\text{рез0}}};$$

$$x_{0,1} = \frac{3U_{\text{cp}}}{\sqrt{3}I_{\text{к}}^{(1)}} - 2x_{1,1} = \frac{\sqrt{3} \times 115}{7} - 2 \times 6,64 = 15,14 \text{ Ом}.$$

Воздушная линия:

$$x_{1,2} = x_{2,2} = x_{1\text{уд}}l = 0,4 \times 25 = 10 \text{ Ом}.$$

Удельное сопротивление нулевой последовательности для двухцепной линии со стальным тросом по табл. 1.3

$$x_{0\text{уд}} = 4,7x_1 = 4,7 \times 0,4 = 1,88 \text{ Ом/км};$$

$$x_{02} = x_{0\text{уд}}l = 1,88 \times 25 = 47 \text{ Ом}.$$

Трансформатор:

$$x_{1,3} = \frac{U_{\text{к}}}{100} \frac{U_{\text{cp}}^{(2)}}{S_{\text{н.т}}} = \frac{10,5}{100} \times \frac{115^2}{63} = 22,04 \text{ Ом}.$$

На основании формулы (1.39)

$$x_{0,3} = x_{1,3} = 22,04 \text{ Ом}.$$

Генератор:

$$x_{1,4} = x_{1,2} = x_{\text{д}}'' \frac{U_{\text{cp}}^{(2)}}{S_{\text{н.г}}} = 0,195 \times \frac{115^{(2)}}{52,5} = 49,12 \text{ Ом}.$$

3. Определим ток трехфазного короткого замыкания.

Результирующее сопротивление до точки короткого замыкания:

от энергосистемы:

$$x_{\text{рез1с}} = x_{1,1} + x_{1,2} = 6,64 + 10 = 16,64 \text{ Ом};$$

от генераторов:

$$x_{\text{рез1г}} = x_{1,3} + x_{1,4} = 22,04 + 49,12 = 71,16 \text{ Ом}.$$

Ток в точке К:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = I_{\text{кс}}^{(3)} + I_{\text{кг}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}x_{\text{рез1с}}} + \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{3}x_{\text{рез1г}}} = \frac{115}{1,73 \times 16,64} + \frac{115}{1,73 \times 71,16} = 4,92 \text{ кА}.$$

4. Ток двухфазного короткого замыкания определим по выражению (1.43)

$$I_{\text{к}}^{(2)} = 0,87 \times I_{\text{к}}^{(3)} = 0,87 \times 4,92 = 4,28 \text{ кА}$$

5. Определим ток однофазного короткого замыкания.

Результирующее сопротивление нулевой последовательности до точки К от системы

$$x_{\text{рез0с}} = x_{0,1} + x_{0,2} = 15,14 + 47 = 62,14 \text{ Ом}.$$

Оно включено параллельно сопротивлению $x_{0,3}$ от генератора. Тогда:

$$x_{\text{рез0с}} = \frac{x_{\text{рез0с}} x_{0,3}}{x_{\text{рез0с}} + x_{0,3}} = \frac{62,14 \times 22,04}{62,14 + 22,04} = 16,26 \text{ Ом}.$$

Ток однофазного короткого замыкания в точке К согласно (1.44) составит:

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{3}{2 + \frac{x_{\text{рез0с}}}{x_{\text{рез1}}}} I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{3}{2 + \frac{16,26}{13,48}} \times 4,92 = 4,57 \text{ кА},$$

где

$$x_{\text{рез1с}} = \frac{x_{\text{рез1с}} x_{\text{рез1г}}}{x_{\text{рез1с}} + x_{\text{рез1г}}} = \frac{16,64 \times 71,16}{16,64 + 71,16} = 13,48 \text{ Ом}.$$

1.8. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением 380/220 В

Расчет токов короткого замыкания в низковольтных электрических сетях выполняют в именованных единицах. Расчет сводится к определению максимального тока короткого замыкания на шинах 0,4 кВ трансформатора, которым является трехфазный, и минимального тока в наиболее электрически удаленной точке линии, которым является однофазный. По трехфазному току короткого замыкания проверяют устойчивость аппаратуры подстанции, по однофазному – настраивают работу защиты и проверяют устойчивость аппаратуры подстанции, по однофазному – настраивают работу защиты и проверяют эффективность системы зануления.

При расчете токов короткого замыкания в сетях напряжением 380/320 В учитывают:

- активные и реактивные сопротивления элементов схемы;
- сопротивления соединительных шин и кабелей длиной 10–15 м и более;
- сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока (многовитковых), катушек максимальных расцепителей автоматов, контактов рубильников и т. д.

Как уже говорилось выше, можно не учитывать те элементы цепи, суммарное влияние которых на величину полного сопротивления цепи не превышает 10 %.

При отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях рекомендуется при расчете токов короткого замыкания активные сопротивления переходных контактов принимать при длине ВЛ до 250 м – 0,02 Ом, до 500 м – 0,025 Ом и более 500 м – 0,03 Ом.

Напряжение, подведенное к силовому трансформатору, считают неизменным и равным номинальному, мощность питающей системы неограниченная.

Сопротивления элементов системы электроснабжения высшего напряжения приводят к низшему напряжению:

$$x_{\Pi} = x_{\text{В}} \left(\frac{U_{\text{НОМ.Н}}}{U_{\text{НОМ.В}}} \right)^2, \quad (1.45)$$

где $x_{\text{Н}}$ – сопротивление элемента системы электроснабжения высшего напряжения, приведенное к низшему напряжению;

$x_{\text{В}}$ – сопротивление элемента системы электроснабжения высшего напряжения;

$U_{\text{НОМ.Н}}$ – номинальное напряжение низшей ступени;

$U_{\text{НОМ.В}}$ – номинальное напряжение высшей ступени.

Порядок расчета.

1. На основании схемы электроснабжения составляется упрощенная расчетная схема и ее схема замещения.

2. Определяются сопротивления элементов сети. Сопротивление системы принимается (x_c) = 0. Сопротивлением линии 10 кВ можно пренебречь, так как оно значительно меньше сопротивления линии 0,38 кВ.

Активные и индуктивные сопротивления трансформатора 10/0,4 кВ определяются по формулам:

$$r_{\text{T}} = \Delta P_{\text{М}} \frac{U_{\text{б}}^2}{S_{\text{Н.Т}}^2} \quad (1.46)$$

$$z_{\text{T}} = \frac{U_{\text{К}}}{100} \times \frac{U_{\text{б}}^2}{S_{\text{Н.Т}}} \quad (1.47)$$

$$x_{\text{T}} = \sqrt{z_{\text{T}}^2 - r_{\text{T}}^2}$$

Активные и индуктивные сопротивления определяются по известным выражениям (1.8 и 1.9):

$$x_{\text{Л}} = x_0 l;$$

$$r_{\text{Л}} = r_0 l.$$

3. Находят описанными выше методами результирующие сопротивления на шинах 0,4 кВ трансформатора $z_{рез1}$ и в конце наиболее удаленной точки линии 380 В $z_{рез2}$.

4. Определяют точки короткого замыкания:

- трехфазный

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}x_{рез1}} \quad (1.48)$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}x_{рез2}} \quad (1.49)$$

- однофазный по формуле (8.2) [6]

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{z_{\Gamma}^{(1)}}{3} + z_{\Pi}}$$

где $z_{\Gamma}^{(1)}$ – сопротивление трансформатора току однофазного короткого замыкания, определяется по таблице приложения 5 [6].

z_{Π} – сопротивление петли «фазный провод – нулевой провод», определяется по формуле (8.4) [6].

$$z_{\Pi} = l\sqrt{(r_{0н} + r_{0ф})^2 + (2x_0)^2}.$$

Пример 1.5. Определить токи короткого замыкания на шинах напряжением 0,4 кВ трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ (точка К1 рис. 1.16) и в наиболее удаленной точке К2 линии напряжением 0,38 кВ. Необходимые для расчета данные указаны на расчетной схеме. Сопротивление контактов примем $r_{к} = 0,015$ Ом.

Рисунок 1.16. Расчетная схема

Решение.

1. Составим схему замещения (рис. 1.17)

Рисунок 1.17. Схема замещения.

2. Определим сопротивление элементов схемы замещения.

Трансформатор:

$$r_T = \Delta P_M \frac{U_6^2}{S_{H.T}^2} = 2,65 \times \frac{0,4^2 \times 10^3}{160^2} = 0,017 \text{ Ом};$$

$$z_T = \frac{U_K}{100} \frac{U_6^2}{S_{H.T}} = \frac{4,5}{100} \times \frac{0,4^2 \times 10^3}{160} = 0,045$$

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = \sqrt{0,045^2 - 0,017^2} = 0,048 \text{ Ом.}$$

Линия = 0,38 кВ.

По таблице приложения 2 и 4 [6] находим удельные сопротивления одного километра линии, марки А-3:

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,35 \text{ Ом/км}.$$

Тогда

$$x_{\text{л}} = x_0 l = 0,35 \times 0,3 = 0,105 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{л}} = r_0 l = 0,92 \times 0,3 = 0,276 \text{ Ом}.$$

3. Найдем результирующие сопротивления.

$$z_{\text{рез1}} = \sqrt{(r_{\text{т}} + r_{\text{к}})^2 + (x_{\text{т}})^2} = \sqrt{(0,017 + 0,015)^2 + 0,048^2} = 0,058 \text{ Ом}.$$

$$z_{\text{рез2}} = \sqrt{(r_{\text{т}} + r_{\text{к}} + r_{\text{л}})^2 + (x_{\text{т}} + x_{\text{л}})^2} = \sqrt{(0,017 + 0,015 + 0,276)^2 + (0,048 + 0,015)^2} = 0,34 \text{ Ом}.$$

4. Определим точки короткого замыкания.

Трёхфазный ток в точке К1

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = \frac{U_{\text{б}}}{\sqrt{3}x_{\text{рез1}}} = \frac{0,4}{1,73 \times 0,058} = 3,99 \text{ кА}.$$

Двухфазный ток в точке К1

$$I_{\text{к1}}^{(2)} = 0,87 I_{\text{к1}}^{(3)} = 0,87 \times 3,99 = 3,47 \text{ кА}.$$

Трёхфазный ток в точке К2

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{U_{\text{б}}}{\sqrt{3}x_{\text{рез2}}} = \frac{0,4}{1,73 \times 0,34} = 0,68 \text{ кА}.$$

Двухфазный ток в точке К2

$$I_{\text{к2}}^{(2)} = 0,87 I_{\text{к2}}^{(3)} = 0,87 \times 0,68 = 0,59 \text{ кА}.$$

Однофазный ток в точке К2

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф}}}{\frac{z_{\text{т}}^{(1)}}{3} + z_{\text{п}}} = \frac{230}{\frac{0,478}{3} + 0,59} = 306,7 \text{ кА}.$$

По таблице приложение 5 [6] определим $z_{\text{т}}^{(1)} = 0,478 \text{ Ом}$.

Тогда

$$z_{\Pi} = l \sqrt{(r_{0\phi} + r_{н.н})^2 + (x_{0\phi} + x_{н.н})^2} = 0,3 \sqrt{(0,92 + 0,92)^2 + (0,35 + 0,35)^2} = 0,3 \times 1,97 = 0,59 \text{ Ом.}$$

Нулевой и фазный провода выполнены проводом одной марки А-35.

1.9 Определение тока замыкания на землю в системах с изолированной нейтралью

Электрические сети напряжением 6–35 кВ выполняют с изолированной нейтралью. В таких сетях соединение одного из проводов с землей не является коротким замыканием и называется замыканием на землю. Сила тока замыкания на землю не велика. Она составляет единицы или десятки ампер, однако при определенных условиях может вызвать отрицательные последствия. Часто замыкания на землю могут стать причиной междуфазных коротких замыканий и привести к серьезным авариям в электроустановках. Поэтому необходимо уметь определить силу тока замыкания на землю, чтобы оценить возможную опасность от его появления в сети.

Ток замыкания на землю в сетях напряжением 6–35 кВ с изолированной нейтралью определяют по формулам:

- для воздушных сетей

$$I_3 = \frac{U_{\text{н}} l}{350}; \quad (1.50)$$

- для кабельных сетей

$$I_3 = \frac{U_{\text{н}} l}{10 \dots 12}; \quad (1.51)$$

где I_3 – ток замыкания на землю, А;

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

l – длина электрически связанных линий с ответвлениями, км.

Если в сети имеются и воздушные и кабельные линии, то, объединив эти две формулы, получим общее выражение:

$$I_3 = \frac{U_H(l_B + 35l_K)}{350}; \quad (1.52)$$

где l_B – длина воздушных линий, км;

l_K – длина кабельных линий, км.

Пример 1.6. От шин 10 кВ подстанции 35/10 кВ отходят три воздушные линии длиной: $l_{B1} = 24$ км, $l_{B2} = 17$ км, $l_{B3} = 15$ км и две кабельные длиной: $l_{K1} = 3$ км и $l_{K2} = 8$ км. Определить ток замыкания на землю.

Решение.

Ток замыкания на землю определим по формуле (1.52):

$$I_3 = \frac{U_H[(l_{B1} + l_{B2} + l_{B3}) + 35(l_{K1} + l_{K2})]}{350} = \frac{10[(24 + 17 + 15) + 35(3 + 8)]}{350} = 12,6 \text{ А.}$$

2 ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

2.1 Выбор аппаратов по условиям нормального режима

Электрические аппараты, токоведущие части распределительных устройств и изоляторы в условиях эксплуатации могут работать в трех основных режимах: в длительном режиме, режиме перезагрузки и в режиме короткого замыкания.

Длительный режим является нормальным режимом. В этом режиме надежная работа аппаратов, токоведущих частей и изоляторов обеспечивается правильным выбором их по номинальному напряжению и номинальному току [2, 3, 4, 7].

При выборе по номинальному напряжению должно быть выполнено условие:

$$U_{н.а} \geq U_{н.уст}, \quad (2.1)$$

где $U_{н.а}$ – номинальное напряжение аппарата;

$U_{н.уст}$ – номинальное напряжение уставки.

Номинальный ток аппарата – ток, который при номинальной температуре окружающей среды может проходить по аппарату неограниченно длительное время и при этом температура наиболее нагретых частей не превышает длительно допустимой.

Выбор аппаратов по номинальному току обеспечивает отсутствие опасных перегревов частей аппарата при длительной работе в нормальном режиме. Для этого необходимо, чтобы максимальный рабочий ток $I_{р. макс}$ не превышал номинального тока аппарата $I_{н.а}$:

$$I_{р. макс} \leq I_{н.а} \quad (2.2)$$

для шин и кабелей:

$$I_{доп.} \geq I_{р. макс} \quad (2.3)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток проводника.

Максимальный рабочий ток в цепи должен определяться с учетом форсированного режима, который может возникнуть:

- а) при отключении одной из параллельно работающих линий;
- б) при использовании перегрузочной способности трансформаторов и не резервированных кабелей;
- в) для сборных шин станций и подстанций, для аппаратов и шин в цепях секционных и шиносоединительных выключателей – при наиболее неблагоприятных условиях эксплуатационного режима;
- г) для генераторов – при работе с номинальной мощностью и сниженным на 5 % напряжением относительно номинального.

При выработке аппаратов и токоведущих частей необходимо учитывать температуру окружающей среды. Если температура окружающей среды отличается от нормированной, то необходимо определить длительно допустимый ток для расчетных условий охлаждения по формуле:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.н}} \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{о}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{о.н}}}},$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток при действительной температуре окружающей среды;

$I_{\text{доп.н}}$ – длительно допустимый ток при нормированной температуре окружающей среды;

$t_{\text{доп}}$ – длительно допустимая температура для аппарата, шин или кабеля при нормированной температуре окружающей среды;

$t_{\text{о}}$ – длительная температура для аппарата, окружающей среды;

$t_{\text{о.н}}$ – нормированная температура окружающей среды.

В соответствии с действующим стандартом за нормированную температуру окружающей среды принимают для аппаратов +35 °С; для шин и кабелей, проложенных открыто, в каналах, туннелях +25 °С; для кабелей про-

ложенных в земле – 15 °С.

При выборе аппаратов и проводников учитывается их конструктивное исполнение и тип установки.

2.2 Проверка аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания

Выбранные по условиям нормального режима электрические аппараты, изоляторы и токоведущие части должны быть проверены на электродинамическую и термическую устойчивость при коротком замыкании. Отключающие аппараты (выключатели, предохранители) кроме того, выбирают по их отключающей способности [2, 3, 4].

Проверка на электродинамическую устойчивость. Расчетным видом короткого замыкания для проверки аппаратов на электродинамическую устойчивость; а также по отключающей способности, может быть трехфазное или однофазное короткое замыкание. В сетях с изолированной нейтралью напряжением до 35 кВ включительно расчетным видом являются трехфазное замыкание. В сетях напряжением 110 кВ и выше, работающих с глухозаземленной нейтралью, более тяжелые условия возможны и при однофазном коротком замыкании. Поэтому в этих сетях расчет ведется для такого вида замыкания, при котором ток в поврежденной фазе наибольший.

Проверка шин на электродинамическую устойчивость во всех случаях ведется по трехфазному короткому замыканию.

При проверке аппаратов на электродинамическую устойчивость должно быть выполнено условие:

$$\left. \begin{array}{l} i_{\text{макс}} \geq i_y; \\ I_{\text{макс}} \geq I_y, \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

где $i_{\text{макс}}$, $I_{\text{макс}}$ – амплитудное и соответственно наибольшее действующее значения максимально допустимого тока, характеризующие

го электродинамическую стойкость аппарата, гарантированное заводом-изготовителем;

i_y, I_y – амплитудное и наибольшее действующее значение ударного тока короткого замыкания.

Проверка на термическую устойчивость. Проводники и аппараты при коротком замыкании не должны нагреваться выше максимальной температуры, установленной нормами для кратковременного режима, при протекании по ним тока короткого замыкания.

Проверка на термическую устойчивость сводится к сравнению расчетной температуры при коротком замыкании с допустимой для него температурой при кратковременном действии тока короткого замыкания. На практике сравниваются не количества теплоты, а пропорциональные им значения:

$$I_{н.т}^2 t_{н.т} \geq I_{\infty}^2 t_{\phi}; \quad (2.6)$$

где $I_{н.т}$ – номинальный ток термической устойчивости, который аппарат может выдержать без повреждений в течение времени $t_{н.т}$ (в каталогах дается для 5 или 10 с);

$t_{н.т}$ – номинальное время термической устойчивости;

I_{∞} – установившийся ток короткого замыкания в цепи выбираемого аппарата;

$t_{н.т}$ – фиктивное (приведенное) время.

Фиктивное – время, в течение короткого замыкания за действительное время t от начала короткого замыкания до его отключения.

Действительное время короткого замыкания:

$$t = t_3 + t_B, \quad (2.7)$$

где t_3 – время действия защиты;

t_B – время действия выключателя.

Фиктивное время t_{ϕ} , соответствующее полному току короткого замы-

кания, состоит из времени для периодической и аperiodической слагающих тока и определяется по формуле:

$$t_{\phi} = t_{\phi.п} + t_{\phi.а}, \quad (2.8)$$

где $t_{\phi.п}$ – фиктивное время для периодической слагающей тока;

$t_{\phi.а}$ – фиктивное время для аperiodической слагающей тока.

Фиктивное время $t_{\phi.п} = f(\beta'', t)$ и определяется по кривым (рис. 2.1).

$$\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}}, \quad (2.9)$$

где I'' – начальный сверхпереходной ток короткого замыкания.

Если расчет тока короткого замыкания выполнен для случая, когда точка короткого замыкания питается от источника неограниченной мощности, то

$$t_{\phi.п} = t. \quad (2.10)$$

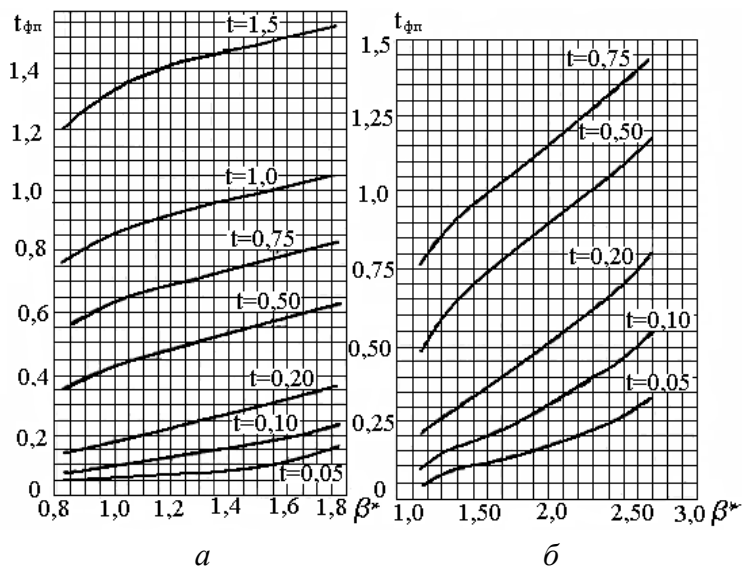


Рисунок 2.1 Кривые фиктивного времени для периодической слагающей тока в точке к. з., при питании от генераторов сельских станций: *а* – с автоматическим регулятором возбуждения (АРВ); *б* – без автоматического регулятора возбуждения

Фиктивное время для аperiodической слагающей тока определяется по формуле:

$$t_{\phi.а} \approx 0,05\beta''^2 \quad (2.11)$$

При $t > 1 \text{ с}$, $t_{\text{ф.а}}$ можно пренебречь.

2.3 Выбор и проверка выключателей

Выключатели выбираются по номинальному напряжению, номинальному току, типу, роду установки и проверяются по электродинамической и термической устойчивости, а также отключающей способности в режиме короткого замыкания.

Выбор выключателей по номинальному напряжению сводится к сравнению номинального напряжения установки с номинальным напряжением выключателя. При этом необходимо учесть, что выключатель допускает работу при продолжительном повышении напряжения до 15 % номинального.

При выборе по номинальному току принимается тот выключатель, у которого номинальный ток является ближайшим большим по отношению к расчетному току установки.

Выбор выключателей по отключающей способности сводится к проверке того, чтобы расчетная мощность отключения не была больше отключающей способности выключателя.

Выбор выключателя по типу сводится к выбору такого типа, который соответствовал бы условиям, в которых допустимо или целесообразно применять данный тип выключателя (масляный, вакуумный, воздушный и др.).

Выбор выключателя по роду установки производится в зависимости от конструктивного решения подстанции (открытая или в помещении).

Выбранные выключатели проверяются на электродинамическую и термическую устойчивость к токам короткого замыкания.

Условия выбора и проверки выключателя даны в табл. 2.1.

Выбор и проверка выключателей.

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{н.а}$	$U_{н.уст}$	$U_{н.а} \geq U_{н.уст}$
Номинальный ток, кА	$I_{н.а}$	$I_{р.макс}$	$I_{н.а} \geq I_{р.макс}$
Номинальный ток отключения, кА	$I_{н.откл}$	I''	$I_{н.откл} \geq I''$
Номинальная мощность отключения, МВ·А	$S_{н.откл}$	S''	$S_{н.откл} \geq S''$
Динамическая устойчивость, кА	$i_{макс}$	i_y	$i_{макс} \geq i_y$
Термическая устойчивость, кА ² ·с	$I_{н.т}$	I_∞	$I_{н.т}^2 t_{н.т} \geq I_\infty^2 t_\phi$

Обозначения: $I_{н.откл}$, $S_{н.откл}$ – номинальное значение тока и соответственно мощности отключения, гарантированные заводом-изготовителем; I'' , S'' – сверхпереходные значения тока и соответственно мощности.

Номинальные данные выключателей приведены в приложениях 10–29.

2.4 Выбор и проверка разъединителей, отделителей и короткозамыкателей

Разъединители, отделители и короткозамыкатели выбираются по номинальному напряжению и номинальному току и проверяются на электродинамическую и термическую устойчивость. В качестве примера условия выбора и проверки разъединителей приведены в табл. 2.2, номинальные данные аппаратов – в приложениях 35–48.

Выбор и проверка разъединителей

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{н.а}$	$U_{н.уст}$	$U_{н.а} \geq U_{н.уст}$
Номинальный ток, кА	$I_{н.а}$	$I_{р.макс}$	$I_{н.а} \geq I_{р.макс}$
Динамическая устойчивость, кА	$i_{макс}$	i_y	$i_{макс} \geq i_y$
Термическая устойчивость, кА ² ·с	$I_{н.т}$	I_{∞}	$I_{н.т}^2 t_{н.т} \geq I_{\infty}^2 t_{\phi}$

2.5 Выбор и проверка предохранителей

Предохранители выбираются по номинальному напряжению, номинальному току и отключающей способности в соответствии с условиями, приведенными в табл. 2.3. При выборе по номинальному напряжению следует учитывать возможность превышения рабочего напряжения установки над номинальным напряжением предохранителя в пределах до 10 %.

Таблица 2.3

Выбор и проверка предохранителей

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{н.а}$	$U_{н.уст}$	$U_{н.а} \geq U_{н.уст}$
Номинальный ток, кА	$I_{н.а}$	$I_{р.макс}$	$I_{н.а} \geq I_{р.макс}$
Номинальный ток отключения, кА	$I_{н.откл}$	I''	$I_{н.откл} \geq I''$
Номинальная мощность отключения, МВ·А	$S_{н.откл}$	S''	$S_{н.откл} \geq S''$

Номинальные данные высоковольтных предохранителей приведены в приложениях 57–59.

2.6 Выбор и проверка выключателей нагрузки

Выключатели нагрузки выпускаются двух исполнений: в комбинации с предохранителями или без них. Если выключатель нагрузки состоит только из выключающего устройства, без предохранителей, то оно рассчитывается на максимальное значение номинального тока предохранителя. При наличии предохранителей, выбираются по номинальному напряжению, номинальному току и проверяются по отключающей способности. Условия выбора выключателей нагрузки приведены в табл. 2.4, технические данные – в приложениях 30–34.

Таблица 2.4

Выбор и проверка выключателей нагрузки

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{н.а}$	$U_{н.уст}$	$U_{н.а} \geq U_{н.уст}$
Номинальный ток неавтоматического отключающего устройства, кА	$I_{н.а}$	$I_{р.макс}$	$I_{н.а} \geq I_{р.макс}$
Динамическая устойчивость по: а) амплитудному значению тока, А	$i_{макс}$	i_y	$i_{макс} \geq i_y$
б) наибольшему действующему значению полного тока, кА	$I_{у.доп}$	I_y	$I_{у.доп} \geq I_y$
Термическая устойчивость, кА ² ·с	$I_{н.т}$	I_{∞}	$I_{н.т}^2 t_{н.т} \geq I_{\infty}^2 t_{\phi}$
Номинальный ток предохранителя, кА	$I_{н.п}$	$I_{р.макс}$	$I_{н.п} \geq I_{р.макс}$
Номинальный отключающий ток предохранителя, кА	$I_{н.откл}$	I''	$I_{н.откл} \geq I''$
Номинальная отключающая мощность предохранителя, МВ·А	$S_{н.откл}$	S''	$S_{н.откл} \geq S''$

2.7 Выбор и проверка трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению, номинальному первичному и вторичному токам, классу точности, нагрузке

вторичной цепи и проверяются на динамическую и термическую устойчивость к токам короткого замыкания.

При выборе трансформаторов тока по напряжению сравнивается номинальное напряжение трансформатора тока, на которое он рассчитан, с номинальным напряжением установки. В этом случае необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$U_{\text{н.т.т}} \geq U_{\text{н.уст}} \quad (2.12)$$

Выбор трансформаторов тока по первичному номинальному току $I_{\text{н1}}$ сводится к сравнению его с рабочим максимальным током по условию:

$$I_{\text{н.т}} \geq I_{\text{р.макс}} \quad (2.13)$$

При выборе по вторичному номинальному току необходимо иметь в виду, что трансформаторы тока выпускаются с вторичным номинальным током 1А и 5А. В зависимости от необходимых измерений и протяженности вторичной цепи принимается трансформатор тока с необходимым вторичным током.

По классу точности трансформаторы тока выбираются в зависимости от типа и класса точности присоединяемых к ним приборов. Класс точности 0,5 применяется для присоединения счетчиков, по которым ведутся денежные расчеты. Для технического учета применяются трансформаторы тока с классом точности 1,0. Класс точности 3 применяется для питания амперметров и токовых реле, класс точности 10 – для питания токовых реле прямого действия и оперативных цепей релейной защиты.

Выбор трансформаторов тока по нагрузке вторичной цепи для обеспечения его работы в требуемом классе точности состоит в сравнении его номинальной вторичной мощности с расчетной вторичной мощностью нагрузки:

$$S_{\text{н.2}} \geq S_{\text{расч.2}}, \quad (2.14)$$

где $S_{\text{н.2}}$ — номинальная вторичная мощность трансформатора тока, В·А;

$S_{\text{расч.2}}$ — расчетная мощность вторичной цепи трансформатора тока в нормальном режиме, В·А.

Можно выбирать трансформаторы тока по нагрузке вторичной цепи, сравнивая номинальное, сопротивление вторичной цепи $z_{н.2}$ со вторичной нагрузкой обмоток z_2 :

$$z_{н.2} \geq z_2 \approx r_2. \quad (2.15)$$

Вторичные номинальные нагрузки трансформаторов тока ($S_{н.2}, z_{н.2}$) зависят от типа трансформатора и класса точности и приведены в справочной литературе [2, 3, 4], а также в приложениях 60–65.

Расчетная мощность вторичной цепи:

$$S_{расч.2} = I_{н.2}^2 z_2, \quad (2.16)$$

где $I_{н.2}^2$ – номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока, А;

z_2 – полное сопротивление внешней цепи трансформатора тока;

r_2 – активное сопротивление внешней цепи.

$$z_2 = \sum z_{приб} + z_{конт} + z_{пров}, \quad (2.17)$$

где $\sum z_{приб}$ – сумма полных сопротивлений всех последовательно включенных обмоток измерительных приборов и реле, величины которых берутся из каталогов;

$z_{конт} = r_{конт}$ – переходное сопротивление всех контактов цепи (в расчете обычно принимают для всей цепи 0,1 Ом);

$z_{пров} = r_{пров}$ – сопротивление соединительных проводов.

Сопротивление соединительных проводов определяется из выражений:

$$r_{пров} = \frac{S_{н.2} - I_{н.2}^2 (\sum z_{приб} + r_{конт})}{I_{н.2}^2}, \quad (2.18)$$

или

$$r_{пров} = r_{н.2} - (\sum r_{приб} + r_{конт}). \quad (2.19)$$

Площадь поперечного сечения соединительных проводов определяется

из выражения:

$$F = \frac{\rho l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}}, \quad (2.20)$$

где ρ – удельное сопротивление провода;

$l_{\text{расч}}$ – расчетная длина соединительных проводов.

Расчетная длина соединительных проводов зависит от расстояния между трансформатором тока и подключенными к нему измерительными приборами, а также от схемы включения приборов во вторичную цепь трансформатора тока.

Если принять за l длину соединительных проводов в один конец от трансформатора тока до приборов, то при соединении трансформаторов тока по схеме полной звезды $l_{\text{расч}} = \sqrt{3}l$, при включении приборов в цепь одного трансформатора тока $l_{\text{расч}} = 2l$.

Проверку трансформаторов тока на электродинамическую устойчивость выполняют по условию:

$$\sqrt{2}I_{\text{н.т}}k_{\text{дин}} \geq i_y^{(3)} \quad (2.21)$$

где $k_{\text{дин}}$ – кратность тока динамической устойчивости, определяется заводом-изготовителем.

Проверка на термическую устойчивость выполняется по выражению:

$$(k_t I_{\text{н.т}})^2 t_{\text{н}} \geq I_{\infty}^2 t_{\text{ф}} \quad (2.22)$$

где k_t – кратность односекундной термической устойчивости, устанавливается заводом-изготовителем и приводится в справочной литературе.

Условия выбора и проверки трансформаторов тока приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Выбор и проверка трансформаторов тока

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{н.т.т}$	$U_{н.уст}$	$U_{н.т} \geq U_{н.уст}$
Номинальный ток, кА	$I_{н.1}$	$I_{р.макс}$	$I_{н.1} \geq I_{р.макс}$
Номинальный вторичный ток, кА	1;5	-	1А или 5А в зависимости от протяженности вторичной обмотки
Класс точности	-	-	Согласно ПУЭ
Номинальная вторичная мощность, В·А	$S_{н.2}$	$S_{расч.2}$	$S_{н.2} \geq S_{расч.2}$
Динамическая устойчивость, кА	$K_{дин}$	i_y	$\sqrt{2}I_{н.1}K_{дин} \geq i_y$
Термическая односекундная устойчивость, кА ² ·с	K_t	I_∞	$(K_{1с}I_{н.1})l_c \geq I_\infty^2 t_\phi$

Номинальные данные трансформаторов тока приведены в приложении 60–67.

2.8. Выбор и проверка трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по номинальному напряжению первичной цепи, классу точности и схеме соединения обмоток. Соответствие классу точности проверяется путем сопоставления номинальной нагрузки вторичной цепи с фактической нагрузкой от подключенных приборов.

При выборе трансформаторов напряжения по номинальному напряжению первичной цепи необходимо выполнять условие:

$$U_{н.1} = U_{н.уст} \quad (2.23)$$

По классу точности трансформаторы напряжения выбирают в зависимости от допустимой погрешности измерений приборов, которые к ним присоединяются. Так как от одного трансформатора напряжения могут питаться приборы с различными требованиями к точности измерения, то класс

точности необходимо выбирать, ориентируясь на прибор наивысшего класса точности. Если отклонение напряжения не выходит за пределы $\pm 10\%$ номинального, работа трансформатора напряжения в принятом классе точности обеспечивается.

Выбор трансформаторов напряжения по типу и схемам соединения обмоток производится в зависимости от их назначения. Так, для питания параллельных обмоток трехфазных ваттметров и счетчиков лучше выбрать два однофазных трансформатора напряжения, соединенных по схеме открытого треугольника. При использовании же в этом случае трехфазного трехстержневого трансформатора напряжения сложнее равномерно распределить нагрузку между всеми тремя фазами, что необходимо для обеспечения гарантированного класса точности.

В электроустановках с относительно небольшим количеством измерительных приборов и малыми токами замыкания на землю целесообразнее использовать трехфазный пятистержневой трансформатор напряжения. Он дает возможность измерять фазные и междуфазные напряжения, а также контролировать состояние изоляции сети по отношению к земле и питать соответствующую релейную защиту.

Проверка трансформаторов напряжения по номинальной нагрузке вторичной цепи производится по формуле:

$$S_{н.2} \geq S_2 \quad (2.24)$$

где $S_{н.2}$ – номинальная мощность трансформатора напряжения в принятом классе точности;

S_2 – вторичная нагрузка трансформатора напряжения.

Для определения вторичной нагрузки предварительно составляют трехлинейную схему включения приборов и реле, которые должны питаться от трансформатора напряжения. Затем по каталогам выбирают измерительные приборы и реле и определяют полную потребляемую ими мощность и коэффициент мощности ($\cos \varphi_{\text{приб}}$). После этого определяют суммарную нагрузку,

трехфазных или группы однофазных трансформаторов напряжения:

$$S = \sqrt{(\sum S_{\text{приб}} \cos \varphi_{\text{приб}})^2 + (\sum S_{\text{приб}} \sin \varphi_{\text{приб}})^2} =$$

$$= \sqrt{(\sum P_{\text{приб}})^2 + (\sum Q_{\text{приб}})^2}.$$
(2.25)

Условия выбора и проверки трансформаторов напряжения приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Выбор и проверка трансформаторов напряжения

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{\text{н.1}}$	$U_{\text{н.уст}}$	$U_{\text{н.1}} \geq U_{\text{н.уст}}$
Тип и схема соединительной обмотки	-	-	В зависимости от назначения
Класс точности	-	-	Согласно ПУЭ
Номинальная мощность, В вторичной обмотки, В·А	$S_{\text{н.2}}$	S_2	$S_{\text{н.2}} \geq S_2$

На электродинамическую и термическую устойчивость трансформаторы напряжения не проверяют. Технические данные трансформаторов напряжения приведены в приложении 68–70.

2.9 Выбор и проверка токоведущих частей распределительных устройств

В распределительных устройствах к токоведущим частям относятся сборные шины и соединительные провода и кабели. При напряжении до 20 кВ используют шины с прямоугольной площадью сечения, при напряжении 35 кВ и выше – с круглой, а также в качестве шин используют кабель. На открытых распределительных устройствах подстанций напряжением 35 кВ и выше шины выполняют из неизолированного многопроволочного провода.

Шины выбирают по рекомендуемой экономической плотности тока для нормального рабочего режима и по нагреву длительным максимальным током

нагрузки. Напряжение кабеля должно соответствовать напряжению установки. Проверяют шины на электродинамическую и термическую устойчивость к токам короткого замыкания. Кабели проверяют только на термическую устойчивость, шины ОРУ напряжением 35 кВ и выше должны быть проверены на корону [1, 6].

Условия выбора и проверки шин и кабелей даны в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Выбор и проверка токоведущих частей распределительных устройств

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение(для кабелей), кВ	U_n	$U_{н.уст}$	$U_n \geq U_{н.уст}$
Экономическое сечение, мм ²	-	-	$F_{эк} = \frac{I_{н.раб}}{j_{эк}}$
Длительный допустимый ток, кА	$I_{доп}$	$I_{р.макс}$	$I_{доп} \geq I_{р.макс}$
Допустимое напряжение в материале (для шин) при коротком замыкании, МПа	$\sigma_{доп}$	$\sigma_{расч}$	$\sigma_{доп} \geq \sigma_{расч}$
Максимальная допустимая температура при кратковременном нагреве, °С	$\upsilon_{доп}$	$\upsilon_{расч}$	$\upsilon_{доп} \geq \upsilon_{расч}$

При выборе сечения токоведущих частей распределительных устройств, следует принимать экономическую плотность тока $j_{эк}$ по таблице ПУЭ или табл. 4.1. [6]. $I_{раб}$ – есть номинальный рабочий ток при нормальном режиме. Полученное экономическое сечение $F_{эк}$ округляется до ближайшего стандартного.

Длительно допустимый ток для прямоугольных шин определяется по формуле:

$$I_{доп} = k_1 k_2 k_3 I_{доп.о}, \quad (2.26)$$

где k_1 – поправочный коэффициент при расположении шин плашмя (горизонтально), принимается $k_1 = 0,95$;

k_2 – поправочный коэффициент, определяющий длительно допусти-

мый ток при использовании многополосных шин, принимается по табл. 2.8;

k_3 – поправочный коэффициент, принимается по табл. 2.9 при температуре окружающей среды, отличной от +25 °С;

$I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток для одной полосы при температуре шины $t_{\text{ш}} = +70$ °С и температуре окружающей среды $t_0 = +25$ °С и расположении шин вертикально (на ребро), принимается по табл. 2.10.

Таблица 2.8

Значение поправочного коэффициента k_2

Размеры шин, мм	Значение коэффициента k_2 , для шин					
	двухполосных		трехполосных		четыреполосных	
	медь	алюминий	медь	алюминий	медь	алюминий
60×5	1,75	1,75	-	-	-	-
60×6	1,75	1,75	2,3	2,45	2,90	3,10
60×8	1,70	1,70	2,25	2,40	2,80	3,00
60×10	1,70	1,70	2,25	2,40	2,70	2,95
80×6	1,70	1,75	2,25	2,40	2,80	3,00
80×8	1,65	1,70	2,20	2,35	2,70	2,90
80×10	1,60	1,65	2,10	2,30	2,60	2,90
100×6	1,65	1,70	2,20	2,35	2,70	2,95
100×8	1,60	1,70	2,10	2,30	2,60	2,90
100×10	1,55	1,60	2,05	2,25	2,50	2,80

Таблица 2.9

Значение поправочного коэффициента k_3

Температура окружающей среды (воздуха), °С	k_3	Температура окружающей среды (воздуха), °С	k_3
10	1,15	30	0,94
15	1,10	35	0,88
20	1,05	40	0,82
25	1,00	45	0,75

Таблица 2.10

Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток, А, при количестве полос на полюс или фазу								Размеры, мм	Ток, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15×3	210	-	-	-	165	-	-	-	16×2,5	55
20×3	275	-	-	-	215	-	-	-	20×2,5	60
25×3	340	-	-	-	265	-	-	-	25×2,5	75
30×4	475	-	-	-	365	-	-	-	20×3	65
40×4	625	-	-	-	480	-	-	-	25×3	80
40×5	700	-	-	-	540	-	-	-	30×3	95
505	860	-	-	-	665	-	-	-	40×3	125
50×6	955	-	-	-	740	-	-	-	50×3	155
60×6	1125	1740	2240	-	870	1350	1720	-	60×3	185
80×6	1480	2110	2720	-	1150	1630	1630	-	70×3	215
100×6	1810	2470	3170	-	1425	1935	1935	-	75×3	230
60×8	1320	2160	2790	-	1025	1680	2180	-	80×3	245
80×8	1690	2620	3370	-	1320	2040	2620	-	90×3	275
100×8	2080	3060	3930	-	1625	2390	3050	-	100×3	305
120×8	2400	3400	4340	-	1900	2650	3380	-	20×4	70
601×10	1475	2560	3300	-	1155	2010	2650	-	22×4	75
80×10	1900	3100	3990	-	1480	2410	3100	-	25×4	85
100×10	2310	3610	4650	5300	1820	2860	3650	4150	30×4	100
120×10	2650	4100	5200	5900	2070	3200	4100	4650	40×4	130
									50×4	165
									60×4	195
									70×4	225
									80×4	260
									90×4	290
									100×4	325

Проверка шин на электродинамическую устойчивость проводится по условию:

$$\sigma_{\text{доп}} \geq \sigma_{\text{расч}}, \quad (2.27)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение на изгиб материала шин, принимается по табл. 2.11;

$\sigma_{\text{расч}}$ – расчетное напряжение на изгиб, возникающее в материале шин при протекании ударного тока трехфазного короткого замыкания.

Таблица 2.11

Значения допустимых напряжений на изгиб для шин

Материал и марка шин	$\sigma_{\text{доп}}$, МПа
Медь МТ	140
Алюминий АТ	70
Алюминий АТТ	90
Сталь	160

Расчетное напряжение в шинах при изгибе для однополосных шин определяется по формулам:

- при одном или двух пролетах:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F^{(3)}l}{8W}; \quad (2.28)$$

- при числе пролетов больше двух:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F^{(3)}l}{10W}, \quad (2.29)$$

где $F^{(3)}$ – сила, действующая на шины при протекании по ним ударного тока трехфазного короткого замыкания, Н;

l – расстояние между осями изоляторов вдоль фазы (длина пролета), м.,
рис. 2.2;

W – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной к направлению действия усилия, Н/м².

Сила:

$$F^{(3)} = 1,76i_y^2 \frac{1}{a} 10^{-1} \quad (2.30)$$

где i_y – ударный ток трехфазного короткого замыкания, кА;

a – расстояние между осями шин (рис 2.2), м.

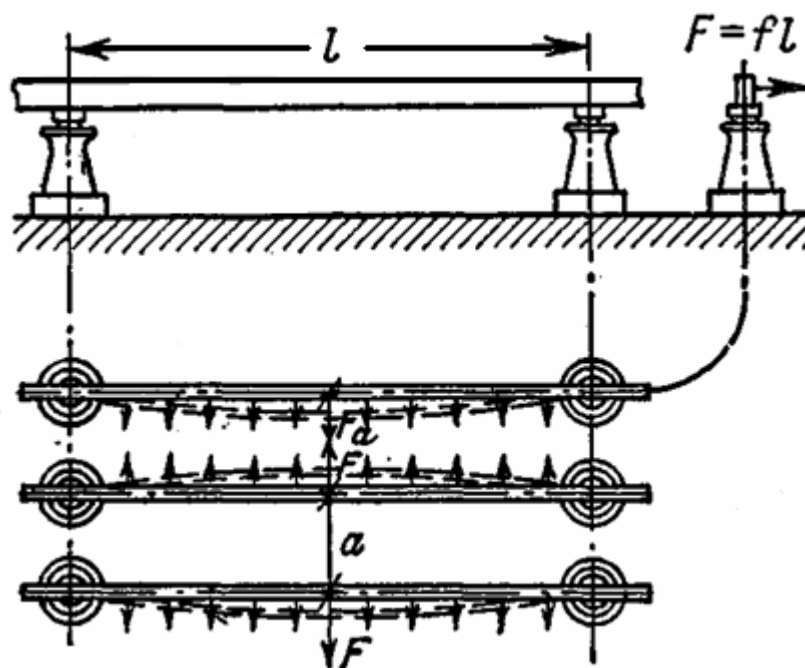


Рисунок 2.2 Расстояние между осями изоляторов вдоль фазы и между осями шин разных шин

Момент сопротивления шины W определяется по табл. 2.12 в зависимости от конструкции шин (рис. 2.3).

Таблица 2.12

Моменты сопротивлений для шин различной формы

Конструкция шин	$W, \text{м}^3$
Одно- или многополосные шины, расположенные плашмя (рис 2.3, а)	$0,17nbh^2$
Однополосные шины, расположенные на ребро (рис. 2.3, б)	$0,17hb^2$
Двухполосные шины, расположенные на ребро	$1,44nb^2$
Трехполосные шины, расположенные на ребро	$3,3hb^2$
Круглые шины (рис. 2.3, в)	$0,1D^3$
Трубчатые шины (рис. 2.3, г)	$0,1 \frac{D^4 - d^4}{D}$

Обозначения: n – число полос в пакете шин; b – толщина одной полосы, м; h – ширина (высота шины), м; D – внешний диаметр круглых и трубчатых шин, м; d – внутренний диаметр трубчатых шин, м; F – направление действия усилий между шинами.

Примечание – Предполагается, что расстояние между шинами в пакете равно толщине полосы и пакет скреплен жестко.

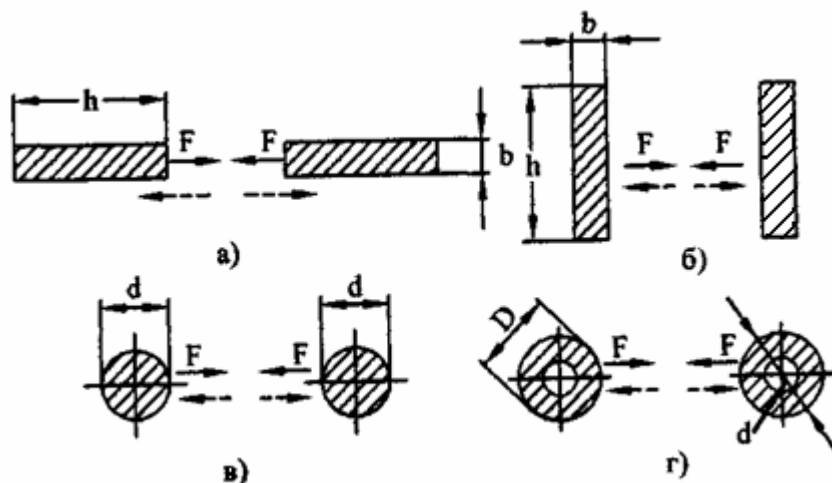


Рисунок 2.3. Эскизы к определению момента сопротивления шин (к табл. 2.12)

Для многополосных шин, собранных из отдельных полос, суммарные механические напряжения в полосе шины складываются из двух напряжений: от взаимодействия между фазами σ_{ϕ} и от взаимодействия полос пакета одной фазы σ_{Π} :

$$\sigma_{\text{расч}} = \sigma_{\phi} + \sigma_{\Pi}. \quad (2.31)$$

Напряжение σ_{ϕ} определяется точно так же, как и для однополосных шин по формуле 2.29.

Напряжение σ_{Π} находят из выражения:

$$\sigma_{\Pi} = \frac{f_{\Pi} l_{\Pi}^2}{2b^2 h}, \quad (2.32)$$

где f_{Π} – удельное усилие, приходящееся на 1 м длины полосы от взаимодействия между полосами пакета, Н/м;

l_{Π} – расстояние между прокладками (сухарями) пакета, м. (рис. 2.4).

Усилие:

$$f_{\Pi} = \delta \frac{i_y^2}{b} 10^{-2} \quad (2.33)$$

где δ – коэффициент, определяемый по кривой рис. 2.5.

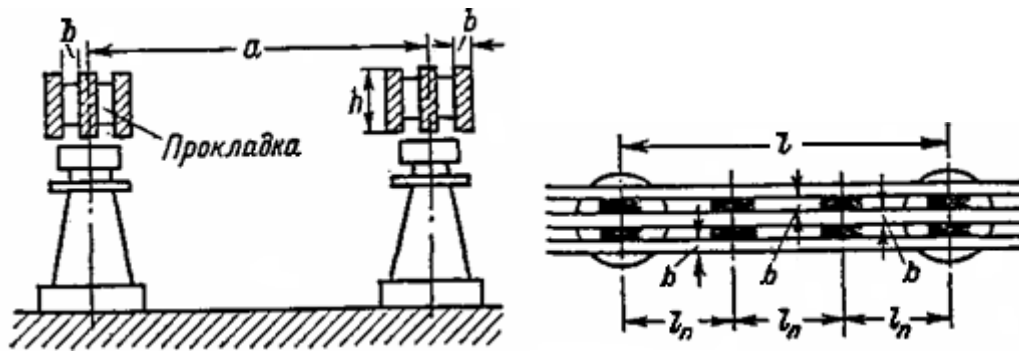


Рисунок 2.4. Эскизы к расчету многополосных шин

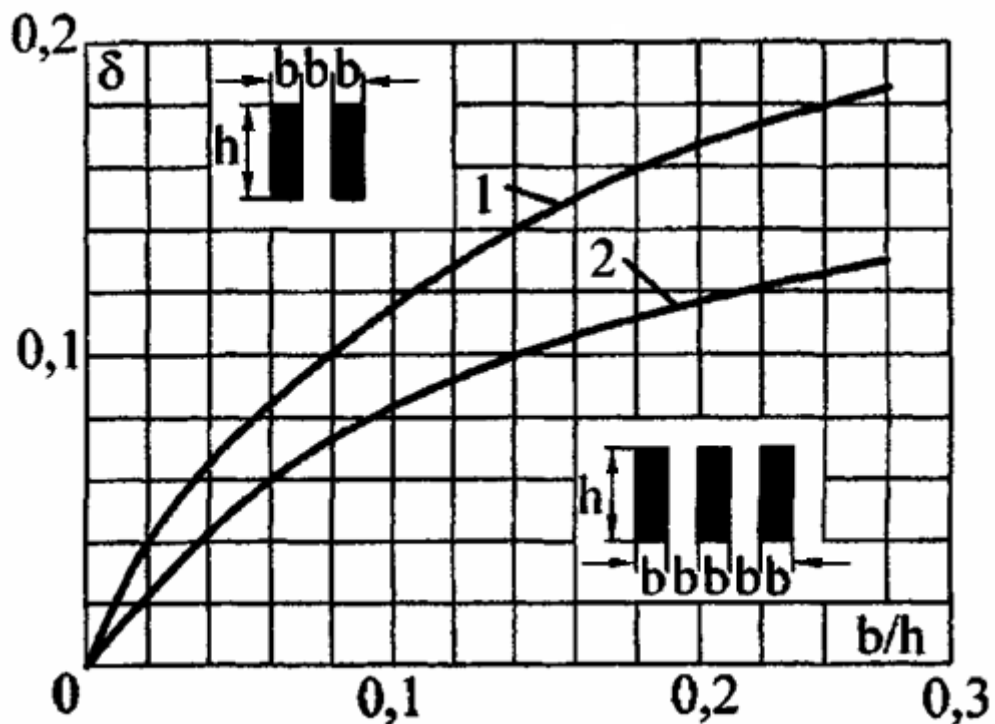


Рисунок 2.5. Кривые для определения коэффициента δ : 1 — для двухполосных шин; 2 — для трехполосных шин

Проверка шин на термическую устойчивость сводится к сравнению расчетной температуры при коротком замыкании $\vartheta_{\text{расч}}$ с максимально допустимой при кратковременном нагреве $\vartheta_{\text{доп}}$. При этом должно выполняться условие:

$$\vartheta_{\text{доп}} \geq \vartheta_{\text{расч}} \quad (2.34)$$

Значение допустимой температуры токоведущих частей распределительных устройств приведена в табл. 2.13.

Значение допустимых температур нагрева токоведущих частей

Вид и материал токоведущих частей	Максимально допустимая температура, °С	Термический коэф. $\vartheta_{\text{доп}}$, °С
Шины медные	300	170
Шины алюминиевые	200	90
Шины стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратом	400	65
Шины стальные, непосредственно соединенные с аппаратом	300	60
Кабели с медными жилами с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ	250	160
Кабели с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ	200	90
Кабели и изолированные провода с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	150	150
Кабели и изолированные провода с полиэтиленовой изоляцией	120	

При составлении данной таблицы принято, что до возникновения короткого замыкания температура токоведущих частей была ниже или равна температуре при номинальной нагрузке. Практически всегда в нормальном режиме шины имеют температуру ниже номинальной, а при проверке стандартного сечения шин на термическую устойчивость необходимо принимать ближайшее меньшее стандартное сечение.

Расчетная температура $\vartheta_{\text{расч}}$, до которой нагревается токоведущая часть при протекании по ней тока короткого замыкания, определяется по кривым (рис. 2.6).

На оси ординат определяется точка $\vartheta_{\text{н}}$, соответствующая температуре проводника до момента короткого замыкания. Из нее проводится горизонталь до пересечения с кривой, соответствующей материалу проводника, а из точки пересечения опускается перпендикуляр на ось абсцисс. В результате получается отрезок $A\vartheta_{\text{н}}$. Затем по формуле (2.35) определяется значение отрезка $A\vartheta_{\text{к}}$.

$$A\vartheta_k = A\vartheta_n + \left(\frac{I_\infty}{F}\right)^2 t_\phi, \quad (2.35)$$

где I_∞ – установившийся ток короткого замыкания, А;

F – площадь поперечного сечения проводника, мм.;

t_ϕ – фиктивное время короткого замыкания, с, определяется по (2.8).

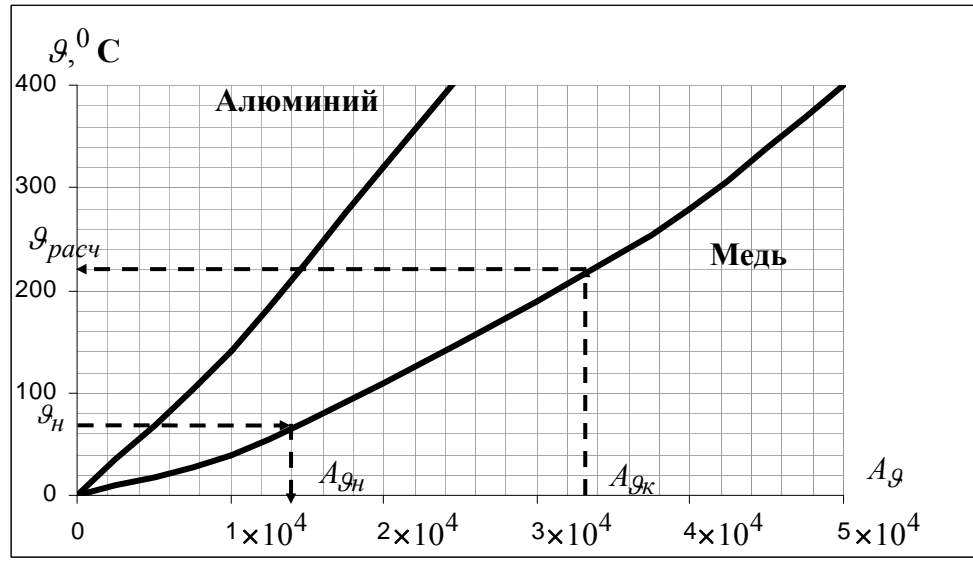


Рисунок 2.6 Кривые для определения расчетной температуры нагрева $\vartheta_{расч}$ токоведущих частей при коротком замыкании

Получив значение $A\vartheta_k$, построение ведется в обратном порядке. На оси абсцисс откладывается отрезок $A\vartheta_k$ и из полученной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой. Из точки пересечения проводится горизонталь до оси ординат. Это и будет расчетное значение температуры при коротком замыкании $\vartheta_{расч}$.

Температуру проводника ϑ_n до момента короткого замыкания можно определить по формуле:

$$\vartheta_n = \vartheta_o + (\vartheta_{доп} - \vartheta_o) \left(\frac{I_{р.макс}}{I_{доп}}\right)^2, \quad (2.36)$$

где ϑ_o – расчётная температура окружающей среды;

$\vartheta_{доп}$ – предельно допустимая температура нагрева при длительном режиме.

В расчётах за температуру проводника до момента короткого замыкания можно принять допустимую температуру при нормальном режиме ($\vartheta_n = \vartheta_{\text{доп}}$).

Минимальное сечение проводников по термической устойчивости в практических расчетах можно определить по формуле:

$$F_{\text{мин}} \approx \frac{I_{\infty}}{c} \sqrt{t_{\text{ф}}} \quad (2.37)$$

где c – термический коэффициент, определяемый по табл. 2.13 или по формуле:

$$c = \sqrt{A\vartheta_{\text{доп}} + A\vartheta_n} \quad (2.38)$$

2.10. Выбор и проверка изоляторов

Изоляторы распределительных устройств выбирают по номинальному напряжению, роду установки, типу, допустимой механической нагрузке. Проходные изоляторы дополнительно выбираются по номинальному току, а токоведущий стержень изолятора проверяется на термическое действие тока короткого замыкания. Условие выбора и проверки изоляторов приведены в табл. 2.14.

Таблица 2.14

Выбор и проверка изоляторов

Параметры	Каталожная величина изолятора	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение, кВ	$U_{\text{н.а}}$	$U_{\text{н.уст}}$	$U_{\text{н.а}} \geq U_{\text{н.уст}}$
Номинальный ток (проходных изоляторов и линейных выводов), А	$I_{\text{н.а}}$	$I_{\text{р.мах}}$	$U_{\text{на}} \geq U_{\text{н.уст}}$
Допустимая нагрузка на головку изолятора, Н	$F_{\text{доп}}$	$F_{\text{расч}}$	$F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$
Допустимый ток термической устойчивости (для проходных линейных выводов), кА	$I_{\text{н.т.д}}$	I_{∞}	$I_{\text{н.т.д}} \geq I_{\infty}$

При выборе изоляторов по типу и роду установки необходимо иметь ввиду, что они бывают: опорные, проходные, штыревые и подвесные; выпускаются для наружных и внутренних установок.

Способы установки шины на головки изолятора влияет на допустимое усилие изолятора. При установке шины плашмя (рис. 2.7, а) допустимое усилие на изолятор определяется по выражению:

$$F_{\text{доп}} = 0,6 F_{\text{раз}}, \quad (2.39)$$

где 0,6 – коэффициент запаса;

$F_{\text{раз}}$ – минимальное разрушающее усилие при статическом изгибе, кН;

принимается по каталогу.

При установке шины на головке изолятора на «ребро» (рис. 2.7, б) усилие на изоляторе снизится за счет увеличения плеча в этом случае допустимое усилие:

$$F'_{\text{доп}} = F_{\text{доп}} \frac{h'}{h} = F_{\text{доп}} k_h \quad (2.40)$$

где $k_h = \frac{h'}{h}$ – коэффициент дополнительного снижения нагрузки при расположении изоляторов в одной плоскости и шины на головке изолятора на «ребро» определяется по табл. 2.15

Таблица 2.15

Коэффициент k_h

Высота шины, мм	Номинальное напряжение изолятора, кВ		
	3	6 и 10	20 и 35
20 – 40	0,8	0,8	0,9
50	0,7	0,8	0,8
60	0,7	0,8	0,8
80 – 100	0,6	0,7	0,8

Примечание – При расположении шин в соответствии с рис. 2.7, а $k_h = 1$.

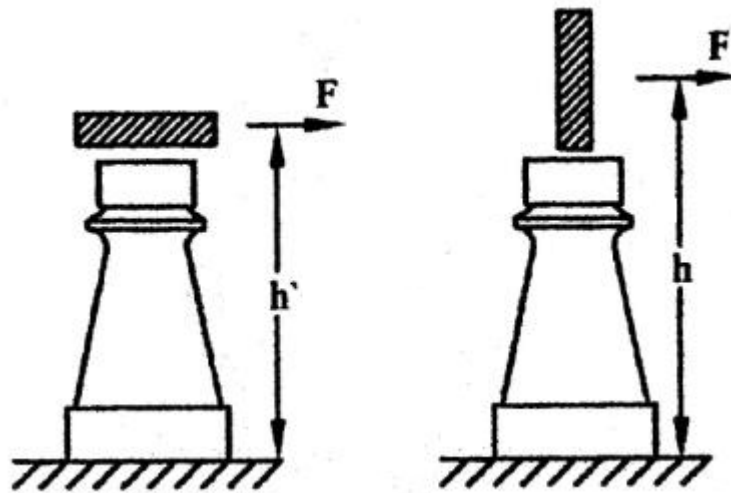


Рисунок 2.7 Эскизы расположения шин: F – направление действия изгибающего усилия; h и h' – плечи усилия F

Наибольшая расчетная нагрузка на опорный изолятор

$$F_{\text{расч}} = 1,76 i_y^2 \frac{l}{a} k_h 10^{-1}. \quad (2.41)$$

Наибольшая расчетная нагрузка для проходного изолятора

$$F_{\text{расч.пр}} = 0,5 F_{\text{расч.}} \quad (2.42)$$

Пример 2.1. Для питания производственной и коммунально-бытовой нагрузки сельскохозяйственных потребителей предусмотрена закрытая трансформаторная подстанция ЗТП 10/0,4 кВ. Питание подстанции осуществляется по двум воздушным линиям напряжением 10 кВ, оборудованных максимальной токовой защитой с выдержкой времени 1,2 с. На ЗТП установлены два трансформатора ТМ-250/10. Схема электрических соединений подстанции показана на рис. 2.8. По данным расчета значения токов короткого замыкания на шинах 10 кВ подстанции $I_{\infty}^{(3)} = 5$ кА, $i_y^{(3)} = 7$ кА. Мощность короткого замыкания $S_k^{(3)} = 90$ МВ·А. На питающих линиях установлены измерительные приборы: амперметры ЭЗО и счетчика активной энергии системы автоматического управления. Шины предусматривается установить в одной горизонтальной плоскости плашмя с пролетом 1,5 м и расстоянием между осями шин 0,25 м. Число пролетов — больше двух.

Выбрать аппараты и шины в распределительном устройстве 10 кВ и проверить их на действие тока короткого замыкания.

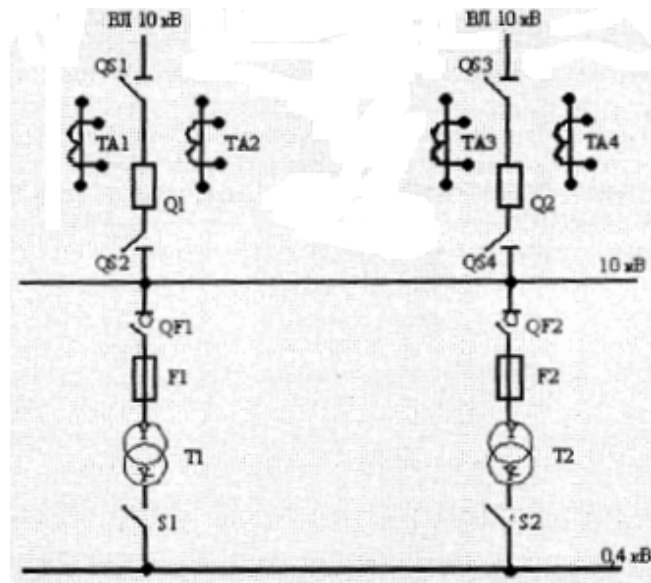


Рисунок 2.8. Схема электрических соединений подстанции ЗТП 10/0,4 кВ

Решение

По конструктивным соображениям, типу и роду установки выбираем следующие аппараты: разъединители РВ-10, выключатели ВВВ-10, выключатели нагрузки ВНП-17 с предохранителями ПК-10 и трансформаторы тока ТОЛ 10-1.

1. Выбор разъединителей. Для выбора разъединителя QS1 внесем в таблицу каталожные параметры разъединителя РВ-10/400 и расчетные данные установки и произведем их сравнение.

Рабочий максимальный ток

$$I_{p.\max} = \frac{1,4S_{н.т}}{\sqrt{3}U_{н}} = \frac{1,4 \times 250}{1,73 \times 10} = 20,2 \text{ А}$$

Выбор разъединителя РВ-10/400

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Номинальный ток	$I_{н.а} = 400 \text{ А}$	$I_{р.макс} = 20,2 \text{ А}$	$400 \geq 20,2$
Динамическая устойчивость	$i_{макс} = 41 \text{ кА}$	$i_{\check{y}}^{(3)} = 7 \text{ кА}$	$41 \geq 7$
Термическая устойчивость	$I_{н.т}^2 t_{н.т} =$ $= 16^2 \times 4 =$ $= 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\infty}^2 t_{\phi} =$ $= 5^2 \times 1,4 = 35$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$1024 \geq 35$

Определим фиктивное время $t_{\text{ср}}$. Так как подстанция питается от системы неограниченной мощности, то $t_{\text{ф.п}} = t$, а $t_{\text{ф.а}}$ можно пренебречь. В этом случае по формуле (2.7):

$$t = t_3 + t_{\text{в}} = 1,2 + 0,2 = 1,4 \text{ с},$$

где $t_3 = 1,2 \text{ с}$ выдержка времени максимальной токовой защиты;

$t_{\text{в}} = 0,2 \text{ с}$ время отключения выключателей.

Из табл. 2.16 видно, что разъединитель РВ-10/400 полностью удовлетворяет расчетным условиям. Он может быть принят в качестве разъединителей QS2–QS4.

2. Выбор выключателей. Занесем в табл. 2.17 каталожные данные высоковольтного вакуумного выключателя типа ВВВ-10/320 и сравним их с данными расчета.

Выбор выключателя ВВВ-10-320

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Номинальный ток	$I_{н.а} = 320 \text{ А}$	$I_{р.макс} = 20,2 \text{ А}$	$320 \geq 20,2$
Номинальный ток отключения	$I_{н.откл} = 2 \text{ кА}$	$I'' = I_{\infty} = 5 \text{ кА}$	$2 < 5$

Так как номинальный отключающий ток выключателя ВВВ-10/320 меньше расчетного значения, то данный выключатель выбран быть не может.

Выберем выключатель типа ВММ-10/200. Занесем его каталожные данные в табл. 2.18 и сравним с расчетными.

Выбор выключателя ВММ-10/200

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Номинальный ток	$I_{н.а} = 200 \text{ А}$	$I_{р.макс} = 20,2$	$200 \geq 20,2$
Номинальный ток отключения	$I_{н.откл} = 8,7 \text{ кА}$	$I'' = I_{\infty} = 5 \text{ кА}$	$8,7 > 5$
Номинальная мощность отключения	$S_{н.откл} = 150 \text{ МВ} \cdot \text{А}$	$S'' = S_{к}^{(3)} = 90 \text{ МВ} \cdot \text{А}$	$150 > 90$
Динамическая устойчивость	$i_{макс} = 22 \text{ кА}$	$i_{у}^{(3)} = 7 \text{ кА}$	$22 > 7$
Номинальная отключающая мощность	$I_{н.т}^2 t_{н.т} = 10^2 \times 5 = 500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\infty}^2 t_{\phi} = 5^2 \times 1,4 = 35 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$500 \geq 35$

Как видно из таблицы выключатель типа ВММ-10/200 удовлетворяет расчетным условиям и может быть рекомендован для установки на обе питающие линии (Q1 и Q2).

2. Выбор трансформаторов тока ТА1. В цепи питающих линий 10 кВ примем трансформаторы тока типа ТОЛ 10-1-0,5/1 ОР-50/5. Занесем их технические параметры в табл. 2.19 и сравним с данными расчета.

Таблица 2.19

Выбор трансформаторов тока ТОЛ 10

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10$ кВ	$U_{н.уст} =$ $= 10$ кВ	$10 = 10$
Номинальный первичный ток	$I_{н.1} = 50$ А	$I_{р.маx} =$ $= 20,2$ А	$50 > 20,2$
Номинальный вторичный ток	$I_2 = 5$ А	-	-
Класс точности	0,5; 10 Р	-	Для питания приборов и цепей защиты
Номинальная вторичная мощность для класса точности 0,5	$S_{н.2} =$ $= 10$ В·А	$S_{расч.2} =$ $= 10$ В·А	$10 = 10$
Динамическая устойчивость	$K_{дин} = 250$	$i_y^{(3)}$	$I_{н.1} K_{дин} =$ $1,41 \times 50 / 250 =$ $= 17,6$ кА > 7 кА
Термическая односекундная устойчивость	$K_t = 90$	$I_\infty = 5$ кА	$(K_t I_{н.1})^2 t =$ $(90 \times 0,05)^2 \times 1 =$ $20,25$ кА ² ·с $<$ $I^2 t_\phi = 35$ кА ² ·с

Определим вторичную нагрузку трансформатора тока $S_{расч.2}$ по формуле 2.16:

$$S_{расч.2} = I_{н.2}^2 z_2$$

Ко вторичной обмотке трансформатора тока фазы А подключены амперметр типа Э-3, потребляющий 2 В·А и токовая обмотка счетчика, потребляющая 1,4 В·А. Сопротивление контактов примет $r_K = 0,1$ Ом.

Полное сопротивление внешней цепи трансформатора тока по формуле 2.17:

$$z_2 = \sum z_{\text{приб}} + z_{\text{конт}} + z_{\text{пров.}}$$

Тогда:

$$S_{\text{расч.2}} = \sum S_{\text{приб}} + I_{\text{н.2}}^2 z_{\text{пров}} + I_{\text{н.2}}^2 z_{\text{конт.}}$$

Приняв $S_{\text{н.2}} = S_{\text{расч.2}}$, определим сечение соединительных проводов по формуле:

$$z_{\text{пров}} = \frac{S_{\text{н.2}} - (\sum S_{\text{приб}} + I_{\text{н.2}}^2 z_{\text{конт}})}{I} = \frac{10 - (2 + 1,4 + 5^2 \times 0,1)}{5^2} = 0,164 \text{ Ом.}$$

Площадь поперечного сечения соединительных проводов определяется по формуле 2.20:

$$F = \frac{\rho l_{\text{расч}}}{z_{\text{пров}}}$$

При соединении трансформаторов тока по схеме неполной звезды

$$l_{\text{расч}} = \sqrt{3}l$$

При длине соединительных проводов $l = 10 \text{ м}$,

$$F = \frac{l_{\text{расч}}}{\gamma z_{\text{пров}}} = \frac{\sqrt{3}l}{\gamma z_{\text{пров}}} = \frac{1,73 \times 10}{53 \times 0,164} = 2 \text{ мм}^2,$$

где $\gamma = 53 \text{ м/Ом} \cdot \text{мм}^2$ – удельная проводимость медных проводов.

Принимаем ближайшее стандартное сечение проводов $2,5 \text{ мм}^2$.

По термической устойчивости трансформатор тока ТОЛ 10-1 с коэффициентом трансформации 50/5 не проходит, так как;

$$(\kappa_t I_{\text{н.1}})^2 t = 20,25^2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < I_{\infty}^2 t_{\phi} = 35 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Примем трансформатор тока ТОЛ 10-1 с коэффициентом трансформации 80/5. У него трёхсекундный ток термической устойчивости равен 3,6 кА.

Проверим условие термической стойкости:

$$(k_t I_{н.1})^2 t = 3,6^2 \times 3 = 38,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > I_\infty^2 t_\phi = 5^2 \times 1,4 = 35 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

что удовлетворяет условию.

Принимаем окончательно трансформатор тока типа ТОЛ 10-1-0,5/10Р–80/5. Он рекомендуется и для других фаз обеих питающих линий (ТА2–ТА4).

Внесем каталожные данные и данные расчета в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Выбор трансформатора тока ТОЛ-1-0,5/10Р-80/5

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Номинальный первичный ток	$I_{н.1} = 80 \text{ А}$	$I_{р.макс} = 20,2 \text{ А}$	$80 > 20,2$
Номинальный вторичный ток	$I_2 = 5 \text{ А}$	-	-
Класс точности	0,5; 10 Р	-	для питания приборов и цепей защиты
Номинальная вторичная мощность для класса точности 0,5	$S_{н.2} = 10 \text{ В} \cdot \text{А}$	$S_{н.2} = 10 \text{ В} \cdot \text{А}$	$10 = 10$
Динамическая устойчивость	$i_{макс} = 15,7 \text{ кА}$	$i_y^{(3)} = 7 \text{ кА}$	$15,7 > 7$
Термическая односекундная устойчивость	$(k_t I_{н.2})^2 t = 3,6^2 \times 3 = 38,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I^2 t_\phi = 5^2 \times 1,4 = 35 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$38,88 > 35$

4.Выбор выключателей нагрузки. Для выбора выключателя нагрузки сравним каталожные данные выключателя нагрузки ВНП-17 с расчетными данными (табл. 2.21).

Выбор выключателей нагрузки ВПН-17

Параметры	Каталожная величина аппарата	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Номинальный ток неавтоматического отключающего устройства	$I_{н.а} = 200 \text{ А}$	$I_{р.макс} = 20,2 \text{ А}$	$200 \geq 20,2$
Динамическая устойчивость по: а) амплитудному значению тока б) наибольшему действующему значению тока	$i_{\max} = 30 \text{ кА}$ $I_{у.доп} = 17,3 \text{ кА}$	$i_y = 7 \text{ кА}$ $I_y = 5 \text{ кА}$	$30 \geq 7$ $17,3 \geq 5$
Термическая устойчивость (десятисекундный ток)	$I_{н.т} = 6 \text{ кА}$	$I_{\infty} = 5 \text{ кА}$	$I_{н.т}^2 t_{н.т}^2 = 6^2 \times 10 = 360 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq I_{\infty}^2 t_{\phi}^2 = 5^2 \times 1,4 = 35 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Номинальный ток предохранителя	$I_{н.п} = 30 \text{ А}$	$I_{п.макс} = 14 \text{ А}$	$30 \geq 14$
Номинальный отключающий ток предохранителя	$I_{н.откл} = 12 \text{ кА}$	$I'' = 5 \text{ кА}$	$12 \geq 5$
Номинальная отключающая мощность предохранителя	$S_{н.откл} = 300 \text{ МВ} \cdot \text{А}$	$S'' = 90 \text{ В} \cdot \text{А}$	$300 \geq 90$

Как видно из таблицы, условия выбора выключателя нагрузки соблюдаются.

5. Выбор и проверка шин РУ 10 кВ. Шины распределительного устройства напряжением 10кВ выбираются по экономической плотности тока. По табл. 4.1[6] для алюминиевых шин примем $j_{\text{ЭК}} = 1,1 \text{ А/мм}^2$. Тогда сечение шин определим по формуле:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{н.раб}}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{20,2}{1,1} = 18,4 \text{ мм}^2.$$

По табл. 2.10 принимаем ближайшее большее стандартное сечение

алюминиевой шины $15 \times 3 = 45 \text{ мм}^2$. Допустимый ток нагрузки для табличных условий и расположения шин вертикально составляет $I_{\text{доп.о}} = 165 \text{ А}$.

Учтем поправочные коэффициенты (табл. 2.8–2.9) и определим длительно допустимый ток для шины, расположенной плашмя:

$$I_{\text{доп}} = k_1 k_2 k_3 I_{\text{доп.о}} = 0,95 \times 1 \times 1 \times 165 = 156,75 \text{ А}.$$

Проверим шины на электродинамическую устойчивость по выражению:

$$\sigma_{\text{доп}} \geq \sigma_{\text{расч.}}$$

По табл. (2.11) для алюминиевых шин находим $\sigma_{\text{доп}} = 70 \text{ МПа}$.

Расчетное напряжение в шинах при их изгибе для однополосных шин при числе пролетов больше двух определяем по выражению (2.29):

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F^{(3)}l}{10W}.$$

Сила:

$$F^{(3)} = 1,76i_y^2 \frac{l}{a} 10^{-1} = 1,76 \times 7^2 \times \frac{1,5}{0,25} \times 10^{-1} = 51,7 \text{ Н}.$$

Момент сопротивления при установке шины плашмя по табл. 2.12 и рис. 2.3:

$$W = 0,17 \times b \times h^2 = 0,17 \times 3 \times 10^{-3} \times (15 \times 10^{-3})^2 = 1,15 \times 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Тогда:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F^{(3)}l}{8W} = \frac{51,7 \times 1,5}{10 \times 1,15 \times 10^{-7}} = 67,4 \text{ МПа}.$$

Так как $70 \text{ МПа} > 67,4 \text{ МПа}$, условие (2.27) выполняется, т. е. шины механически устойчивы.

Проверим шины на термическую устойчивость по выражению (2.34)

$$\vartheta_{\text{доп}} \geq \vartheta_{\text{расч}}$$

По табл. 2.13 находим значение допустимой температуры для алюминиевых шин $\vartheta_{\text{доп}} = 200 \text{ }^\circ\text{С}$.

Определим температуру шин до момента короткого замыкания по формуле (2.36):

$$\vartheta_{\text{н}} = \vartheta_{\text{о}} + (\vartheta_{\text{доп}} - \vartheta_{\text{о}}) \left(\frac{I_{\text{р.макс}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \left(\frac{20,2}{156,75} \right)^2 = 25,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По значению $\vartheta_{\text{н}} = 25,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ находим по кривым (рис. 2.6) для алюминия

$$A \vartheta_{\text{н}} = 0,21 \times 10^4 \text{ A}^2 \text{ c/мм}^2.$$

По формуле (2.35) определим:

$$A \vartheta_{\text{к}} = A \vartheta_{\text{н}} + \left(\frac{I_{\infty}}{F} \right)^2 t_{\text{ф}} = 0,21 \times 10^4 + \left(\frac{5000}{45} \right)^2 1,4 = 1,94 \text{ A}^2 \text{ c/мм}^2$$

По $A \vartheta_{\text{к}}$ по графику (рис. 2.6) найдем $v_{\text{расч}} = 320 \text{ } ^\circ\text{C}$, что превышает $v_{\text{доп}} = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$. Таким образом, шины по термической устойчивости не проходят.

Увеличим сечение шины на одну ступень. Примем по табл. 2.10 сечение шины $20 \times 3 = 60 \text{ мм}^2$. Допустимый ток для табличных условий составляет $I_{\text{доп}} = 215 \text{ A}$.

С учетом поправочных коэффициентов:

$$I_{\text{доп}} = 0,95 \times 215 = 204,3 \text{ A}.$$

Проверим шины на электродинамическую устойчивость. По табл. 2.11 $\sigma_{\text{доп}} = 70 \text{ МПа}$.

Сила:

$$F^{(3)} = 1,76 i_y^2 \frac{l}{a} 10^{-1} = 1,76 \times 7^2 \times \frac{1,5}{0,25} \times 10^{-1} = 51,7 \text{ Н}$$

Момент сопротивления:

$$W = 0,17 \times b \times h^2 = 0,17 \times 3 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-3})^2 = 2,04 \times 10^{-7} \text{ м}^3$$

Расчетное напряжение в шинах по выражению (2.29):

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{F^{(3)}l}{8W} = \frac{51,7 \times 1,5}{10 \times 2,04 \times 10^{-7}} = 38 \text{ МПа} .$$

Так как $38 \text{ МПа} < 70 \text{ МПа}$, условие (2.34) выполняется.

Проверим шины на термическую устойчивость. По табл. 2.13 для алюминиевых шин $\nu_{\text{доп}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура шин до момента короткого замыкания:

$$\nu_{\text{н}} = \nu_{\text{о}} + (\nu_{\text{доп}} - \nu_{\text{о}}) \left(\frac{I_{\text{р.макс}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \left(\frac{20,2}{204,3} \right)^2 = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

По $\nu_{\text{н}} = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}$ по кривым (2.6) находим $A\nu_{\text{н}} = 0,2 \times 10^4 \text{ А}^2\text{с/мм}^2$.

По формуле(2.35)

$$A\mathcal{G}_{\text{к}} = A\mathcal{G}_{\text{н}} + \left(\frac{I_{\infty}}{F} \right)^2 t_{\text{ф}} = 0,2 \times 10^4 + \left(\frac{5000}{60} \right)^2 1,4 = 1,17 \text{ А}^2\text{с/мм}^2 .$$

Для данного значения $A\nu_{\text{к}} = 1,17 \text{ А}^2\text{с/мм}^2$ по графику (2.6) найдем $\nu_{\text{расч}} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$.

Так как $160 \text{ }^\circ\text{C} < 200 \text{ }^\circ\text{C}$, условие (2.34) выполняется.

Результаты расчетов сведем в табл. 2.22

Таблица 2.22

Выбор и проверка шин РУ-10 кВ

Параметры	Каталожная величина	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Экономическое сечение, мм ²	60	18,4	$60 > 18,4$
Длительный допустимый ток, кА	204,3	20,2	$204,3 > 20,2$
Допустимое напряжение в материале шин при коротком замыкании, МПа	70	38	$70 \geq 38$
Максимальная допустимая температура при кратковременном нагреве, °С	200	160	$200 \geq 160$

Таким образом, выбранные шины размером $20 \times 3 = 60 \text{ мм}^2$ удовлетворяют всем условиям выбора и могут быть приняты к установке.

6. Выбор и проверка изоляторов. Для крепления шин в РУ-10 кВ ЗТП применим опорные изоляторы внутренней установки типа ОФ-10-375УЗ, а для ввода ВЛ 10 кВ в ЗТП — проходные изоляторы внутренне-наружной установки типа ИП-10 630-750У1. Занесем в табл. 2.23 и 2.24 каталожные данные изоляторов и сравним их с данными расчета.

Таблица 2.23

Выбор и проверка опорных изоляторов типа ОФ-10-375УЗ

Параметры	Каталожная величина	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Допустимая нагрузка на головку изолятора	$F_{\text{доп}} = 2208 \text{ Н}$	$F_{\text{расч}} = 51,7 \text{ Н}$	$2208 > 51,7$

Определим допустимое усилие на изолятор. Так как шины устанавливаются плашмя, то по выражению (2.39)

$$F_{\text{доп}} = 0,6 F_{\text{раз}} = 0,6 \times 3680 = 2208 \text{ Н}$$

По приложению 71

$$F_{\text{раз}} = 375 \text{ кгс} = 3680 \text{ Н.}$$

Наибольшая расчетная нагрузка на опорный изолятор по формуле (2.41)

$$F_{\text{расч}}^{(3)} = 1,76 i_y^2 \frac{l}{a} k_h 10^{-1} = 1,76 \times 7^2 \times \frac{1,5}{0,25} \times 10^{-1} = 51,7 \text{ Н}$$

Так как $2208 \text{ Н} > 51,7 \text{ Н}$, условие (2.39) соблюдается.

Выбор и проверка проходных изоляторов типа ИП-10/630-750У1

Параметры	Каталожная величина	Расчетная величина установки	Условия выбора и проверки
Номинальное напряжение	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$	$10 = 10$
Номинальный ток	$I_{н.а} = 630 \text{ А}$	$I_{р.мах} = 20,2 \text{ А}$	$630 > 20,2$
Допустимая нагрузка на головку изолятора	$F_{доп} = 4415 \text{ Н}$	$F_{расч} = 25,85 \text{ Н}$	$4415 > 5,85$

Допустимая нагрузка по выражению (2.39):

$$F_{доп} = 0,6 F_{раз} = 0,6 \times 750 = 450 \text{ кгс} = 4415 \text{ Н}$$

По приложению 72 находим $F_{раз} = 750 \text{ кгс}$.

Расчетная нагрузка для проходного изолятора (2.42)

$$F_{расч.пр} = 0,6 F_{расч.} = 0,6 \times 51,7 = 25,85 \text{ Н}$$

Так как $4415 \text{ Н} > 25,85 \text{ Н}$, условие (2.39) выполняется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок Министерство энергетики РФ. – 6-е изд., доп. и испр. – М. : Госэнергонадзор, 2000. – 608 с.
2. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1980. – 576 с.
3. Электротехнический справочник: в 3-х т. / Под общ. ред. профессоров МЭН гл. ред. И.Н. Орлов [и др.]// Т.2. Электротехнические изделия и устройства – 7-е изд., испр. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986.–Т.2– 712 с.
4. Электротехнический справочник: в 3-х т. / Под общей ред. профессоров МЭН Орлов И.Н. [и др.]// Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии – 7-е изд., испр. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988.– Т.3–880 с.
5. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Учебник для электротехнических вузов и факультетов. – М.: Энергия, 1970.–520.
6. Янукович, Г.И. Расчет линий электропередачи сельскохозяйственного назначения: Учебное пособие для студентов с-х. вузов / Г.И. Янукович. – 2-е изд., доп. – Мн. : БГАТУ, 2004. – 105 с.
7. Справочник по проектированию электросетей в сельской местности / Под ред. П.А. Коткова и В.И. Франгуляна. – М. : Энергия, 1980.– 352 с.
8. Материалы Международных выставок по электрификации и энергоэффективности народного хозяйства за 2002–2005 гг.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ ТИПА КТПП-2×630/10

(ОАО «Белсельэлектросетьстрой»,
ЧУПП «Завод “Энергооборудование”», г. Гомель, РБ)

Назначение, область применения и конструкция

Комплектные трансформаторные подстанции предназначены для приема и преобразования электроэнергии высокого напряжения 10 кВ на напряжение промышленной частоты 0,4–0,23 кВ и распределение электрической энергии потребителям. Изготавливается в двух- и однострансформаторном исполнении.

Подстанция выполнена проходной и позволяет передавать электроэнергию высокого напряжения 10 кВ другим потребителям транзитом по отходящей линии. В случае аварии на основном вводе, отходящая линия служит резервным вводом.

Подстанция предназначена для наружной установки. Ввод и отходящие линии выполняются воздушными. Присоединение к воздушным линиям 10 кВ осуществляется через разъединители РЛНД-10/200, устанавливаемые на конечных опорах ВЛ.

Корпус комплектной двухтрансформаторной подстанции изготавливается в брызгозащитном исполнении и состоит из двухэтажных секций. Верхние секции съемные и крепятся к нижним болтам.

В целях обеспечения безопасной работы обслуживающего персонала и исключения ошибочных переключений на подстанции установлены защитные и блокировочные устройства.

Таблица П.1

Основные технические данные

Технические показатели	КТПП-2×630-10/0,4		КТПП-630-10/0,4	
	Напряжение			
	Высокое	Низкое	Высокое	Низкое
1	2	3	4	5
Номинальная мощность, кВ·А	2×630 10	- 0,4–0,23	1×630 10	- 0,4–0,23
Номинальное напряжение, кВ				
Номинальный ток трансформатора, А	35,4	910	35,4	910
Номинальный ток плавких вставок, А	50	50	75	75
Номинальный ток вводного рубильника, А	1000	1000	1000	1000

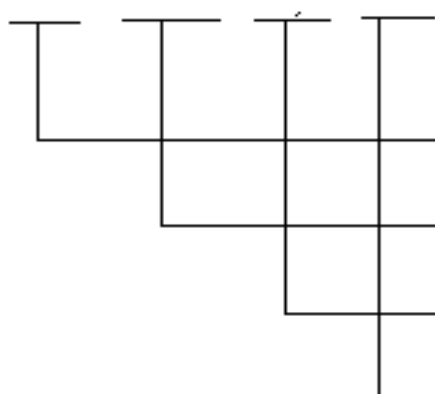
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Окончание таблицы П.1.

1	2	3	4	5
Номинальный ток отходящих линий, А:				
фидер Л1	2×250		250	
фидер Л 2	2×250		250	
фидер Л 3	3×100		200	
фидер Л 4	3×400		400	
фидер уличного освещения	16		16	
Масса подстанции, кг	4400		2200	
Габаритные размеры, мм	4150×2820×4500		2290×2820×4500	

Структура условного обозначения

КТПП -2х630/ 10 У1



- Комплектная трансформаторная подстанция проходная;
- Количество и номинальная мощность трансформаторов, кВ·А;
- Номинальное напряжение на высокой стороне; кВ
- Климатическое исполнение и категория размещения;

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ БЛОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЕМ 35–220 кВ

(ОАО «Самарский завод “Электроцит”», г. Самара, РФ)

Назначение и область применения

Комплектные трансформаторные блочные подстанции модернизированные на напряжение 35–220 кВ, предназначены для приема, преобразования, распределения и транзита электрической энергии трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц и 60 Гц.

КТПБ(М) рассчитаны для наружной установки на высоте не более 1000 м над уровнем моря и работы в условиях умеренного, холодного и тропического климата.

Ветровые нагрузки не должны превышать 40 м/с, гололедные нагрузки 20 мм.

КТПБ(М) поставляются с нормальной изоляцией и усиленной изоляцией.

Работоспособность КТПБ(М) проверена при землетрясениях интенсивностью до 8 баллов MSK-64.

Конструкция КТПБ(М) допускает замену силового трансформатора на следующую ступень мощности и состоит из модулей ОРУ-220, 110, 35 кВ модулей выключателей, модулей трансформаторов и КРУ 10 кВ.

Стационарные модули могут собираться в комплектные подстанции следующих типов:

35/10(6) кВ;
110/10(6) кВ;
110/35/10(6) кВ;
220/10(6) кВ;
220/35/10(6) кВ;
220/110/10(6) кВ;
220/110/35 кВ;

Модули ОРУ-220, 110, 35 кВ выполняются из унифицированных транспортабельных блоков, состоящих из металлического каркаса со смонтированным в нем высоковольтным оборудованием с элементами вспомогательных цепей.

В модулях выключателя и ОРУ-35 кВ предусмотрено применение всех видов выключателей:

- масляных;
- вакуумных;
- элегазовых.

В модуль трансформатора входят силовой трансформатор, шкаф трансформатора собственных нужд, комплектное распределительное устрой-

ство наружной (внутренней) установки, а также связующие их элементы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Кроме этого, в состав КТПБ(М) входит общеподстанционный пункт управления с размещенными в нем панелями аппаратуры защиты, управления и сигнализации, ВЧ-связи и телемеханики.

Таблица П.2

Технические данные

Наименование	Напряжение, кВ			
	220	110	35	10 (6)
Номинальная мощность силового трансформатора, МВА	125	63	16	—
Номинальный ток сборных шин, А	1000	1000–2000	630	630–2600
Ток электродинамической стойкости ошиновки, кА	51	51; 80	26	51; 80
Ток термической стойкости 3 с, кА	20	20	10	20; 31,5
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	380/220	380/220	380/220	380/220
	переменного тока, В	220	220	220
	постоянного тока, В	110	110	110

Условные обозначения

К – комплектная,
Т – трансформаторная,
П – подстанция,
М – модернизированная.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 кВ СЕРИИ К-63

(ОАО «Самарский завод “Электроцит”», г. Самара, РФ)

Назначение и область применения

Комплектные распределительные устройства напряжением 6–10 кВ серии К-63 (далее КРУ серии К-63) предназначены для приема и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 и 60 Гц напряжением 6 и 10 кВ. КРУ серии К-63 применяются в качестве распределительных устройств 6–10 кВ, в том числе распределительных устройств трансформаторных подстанций, включая комплектные трансформаторные подстанции (блочные) 220/110/35/6–10 кВ, 110/6–10 кВ, 110/35/6–10 кВ, для электрических станций и систем электрификации железнодорожного транспорта. КРУ серии К-63 могут поставляться для расширения уже действующих распределительных устройств других производителей, соединяться они могут через переходные шкафы, входящие в состав КРУ. КРУ серии К-63 соответствуют требованиям ГОСТ 14693–90 и стандарту МЭК-238.

В общем случае КРУ поставляется отдельными ячейками с элементами стыковки ячеек в распределительное устройство. По требованию заказчика, КРУ поставляются транспортными блоками, каждый из которых состоит из трех ячеек со смонтированными соединениями главных и вспомогательных цепей. В состав КРУ могут входить:

- шинные мосты между двумя рядами ячеек;
- шинные вводы;
- кабельные блоки для ввода силовых кабелей;
- кабельные лотки для подводки к ряду КРУ контрольных кабелей;
- блоки панелей для размещения общеподстанционной аппаратуры и ввода контрольных кабелей;
- переходные шкафы для стыковки с КРУ других серий. По желанию заказчика, шкафы КРУ, наряду с устройствами релейной защиты и автоматики на электромеханических реле, могут комплектоваться микропроцессорными устройствами:

Шкафы КРУ серии К-63 предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УЗ и ТЗ, по ГОСТ 15150–69) при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее рабочее (эффективное) значение температуры окружающего воздуха для исполнения УЗ – не выше 40 °С, для исполнения ТЗ – 45 °С;
- нижнее значение температуры окружающего воздуха для исполнения УЗ – минус 25 °С, для исполнения ТЗ – минус 10 °С;

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

▪ тип атмосферы типа II по ГОСТ 15150–69 (примерно соответствует атмосфере промышленных районов).

Допускается применение КРУ для работы на высоте над уровнем моря более 1000 м, при этом следует руководствоваться указаниями ГОСТ 8024–90, ГОСТ 1516.1–76 и ГОСТ 14693–90. При необходимости применения КРУ серии К-63 в помещениях с температурой окружающего воздуха ниже минус 25 °С предусматривается в шкафах КРУ установка нагревательных элементов, обеспечивающих нормальные температурные условия работы комплектующей аппаратуры, включающихся автоматически при понижении температуры ниже минус 25 °С КРУ серии К-63 не применяется для работы в устройствах или установках специального назначения, электропечных установках, экскаваторах, корабельных и судовых распределительных устройствах, а также в среде, подвергающейся усиленному загрязнению, действию газов, испарений и химических отложений, вредных для изоляции, и в среде, опасной в отношении взрыва и пожара.

Таблица П.3

Технические данные

Параметры	Значение
1	2
Номинальное напряжение (линейное), кВ: • при частоте 50 Гц • при частоте 60 Гц	6,0; 10 6,6; 11
Наибольшее рабочее напряжение (линейное), кВ	7,2; 12
Номинальный ток главных цепей ячеек КРУ, А: • для исполнений УЗ, при частоте 50 Гц/60 Гц; • для исполнений ТЗ, при частоте 50 Гц/60 Гц	630; 1000; 1600/630; 1250 630; 1250/630; 1000
Номинальный ток сборных шин, А при частоте 50 Гц/60 Гц	1000*; 1600; 2000; 3150/800*; 1000; 1600; 2000
Номинальный ток отключения выключателя, встроенного в КРУ, кА: при частоте 50 Гц/60 Гц	16; 20; 25; 31,5***/16; 25
Ток термической стойкости (кратковременный ток) при времени протекания 3 с, кА	20; 31,5**
Номинальный ток электродинамической стойкости главных цепей шкафов КРУ, кА	51, 81
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1–76	Нормальная, уровень «б»
Вид изоляции	Возд., твердая, комбинированная

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Окончание таблицы П.3

1	2
Наличие изоляции токоведущих частей	С неизолированными шинами, комбинированные
Наличие в ячейках выдвижных элементов	С выкатными элементами, без выкатных элементов
Вид линейных высоковольтных подсоединений	Кабельные, шинные
Условия обслуживания	С двухсторонним обслуживанием
Степень защиты по ГОСТ 14254–96	Ячеек КРУ-1Р20, а при открытых дверях релейных шкафов и нахождении выдвижного элемента ячейки в контрольном положении – 1Р00
Наличие дверей в отсеке выдвижного элемента ячейки	Ячейки без дверей
Вид основных ячеек КРУ в зависимости от встраиваемого электрооборудования	- с выключателями высокого напряжения; - с разъединяющими контактами; - с трансформаторами напряжения; - с силовыми трансформаторами; - комбинированные; - с разрядниками или ОПН; о статическими конденсаторами.
Вид управления	Местное, дистанционное
Габариты высоковольтных ячеек без шинпровода: высота/глубина/ширина, мм, не более	2268/1250(1450****)/750
Масса, кг, не более	600

* КРУ со сборными шинами на ток 1000 А при частоте 50 Гц и на ток 800 А при частоте 60 Гц выполняются только на ток электродинамической стойкости 51 кА;

** для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформатора тока;

*** в зависимости от типа встраиваемого выключателя параметры тока отключения могут уточняться;

**** КРУ с подключением силового кабеля внутри ячейки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Типы основного оборудования, встраиваемого в КРУ

Тип	Основные технические	Завод-изготовитель
-----	----------------------	--------------------

	характеристики, вид исполнения	
1	2	3
<i>Вакуумные выключатели</i>		
ВВ/Tel-10	20/630–1600 УХЛ2	«Таврида Электрик», (г. Москва)
ВВЭ-М	10–20(31,5)/630–1600 У2	«Энеко», (г. Минусинск)
ВБПС	10–20(31,5)/630–1600 У3	«Энеко», (г. Минусинск)
ВБКЭ	20(31,5)/630–1600 У2	«НТЭАЗ», (г.Н. Тура)
ВБТЭ	20/630–1600 У2	«Электроаппарат» (г. Уфа)
ЭВОЛИС	25(31,5)/630–1250	«Merlin Gerin» (Франция);
ВБЭМ-10	16(20)/1000 УХЛ2	«Контакт» (г. Саратов)
<i>Элегазовые выключатели</i>		
LF-1	25/630–1250	«Merlin Gerin» (Франция);
<i>Трансформаторы тока</i>		
ТЛК-10 ТДЗЛ-0,66У3	30/5–1500/5	ОАО «Самарский трансформатор», (г. Самара);
<i>Трансформаторы напряжения</i>		
НАМИТ-10-2УХЛ2		ОАО «Самарский трансформатор», (г. Самара);
ЗНОЛ-06.6(10)У3		СЗТТ (г. Екатеринбург)
НОЛ-08-6(10)У2		СЗТТ (г. Екатеринбург)
<i>Трансформаторы собственных нужд</i>		
ТСКС		«Энергия», (г. Раменское)
ОЛС-0,63-6(10)У2		СЗТТ (г. Екатеринбург)
<i>Разрядники и ограничители перенапряжений</i>		
РВО-6(10)У1		ВЗВА (г. Великие Луки)
ОПНп-6(10)У1		«Электрокерамика», (г. Санкт-Петербург)
ОПН-КР/Tel-6(10)УХЛ2		«Таврида Электрик» (г. Москва)
ОПН-КС/Tel-6(10)УХЛ2		«Таврида Электрик» (г. Москва)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА 6–35 кВ (Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, Украина)

Назначение и область применения

КУ2 – малогабаритные ячейки внутренней установки, со стационарными вакуумными выключателями серии ВР – предназначены для монтажа распределительных устройств 6–10 кВ в условиях ограниченного пространства. Ширина шкафа КРУ по фасаду всего 350 или 500 мм.

КУ-10Ц – наиболее полная и универсальная серия комплектных распределительных устройств (КРУ) внутренней установки. Шкафы КРУ этих серий комплектуются вакуумными (серии ВР) или элегазовыми (серии LF) выключателями и позволяют строить распределительные устройства на номинальное напряжение 6–10 кВ практически любой сложности.

КУ-35 – КРУ внутренней установки на 35 кВ комплектуются вакуумными выключателями ВР35 и служат основой для построения распределительных устройств 35 кВ закрытых трансформаторных подстанций.

Таблица П.4

Основные технические данные

Параметры	КУ2	КУ-10Ц	КГ-6(С)	КУ35
Номинальное напряжение, кВ	6; 10	6; 10	6	35
Номинальный ток главных соединений, А	630; 1250	630; 3150	630; 3150	630; 1000
Ток электродинамической стойкости, кА	51	51; 81	102; 128	51
Габаритные размеры, мм:				
- ширина	300; 500	750; 900	750; 1125	1500
- глубина	1000	1000; 1200; 1300	1850	2750
- высота	2212	2000	2485; 2685	2300

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ 110/35/10(6) кВ

(Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, Украина)

Назначение и область применения

Ровенский завод высоковольтной аппаратуры является единственным в Украине и одним из немногих в СНГ предприятием, которое выпускает комплектные трансформаторные подстанции на напряжения от 0,4 до 110 кВ с трансформаторами мощностью от 25 кВ·А до 40 МВ·А.

В настоящее время завод производит:

- блочные подстанции КТПБР-110/35/10(6) и КТПБР-110/10(6) на напряжения 110, 35 и 10(6) кВ с трансформаторами мощностью от 2500 кВ·А до 40 МВ·А;
- блочные подстанции КТПБР-М-35/10(6) на напряжения 35 и 10(6) кВ с трансформаторами мощностью от 1000 кВ·А до 16 000 кВ·А;
- блочные тяговые подстанции для железных дорог КТПБР-110/27,5/10 на напряжения 110, 27,5 и 10 кВ с трансформаторами мощностью от 2500 кВ·А до 40 МВ·А;

В составе подстанций 110/35/10(6) кВ поставляются следующие основные блоки и элементы:

- силовые трансформаторы (один или два);
- блоки открытых распределительных устройств 110 и 35 кВ с элементами жесткой и гибкой ошиновки;
- распределительные устройства 10 кВ, установленные в сборном металлоблочном сооружении КРПЗ-10 или в капитальном строении;
- общестанционный пункт управления;
- оборудование и аппаратура релейной защиты, управления, связи и телемеханики, источники резервного питания;
- шкафы трансформаторов собственных нужд мощностью от 25 до 250 кВ·А;
- устройства грозозащиты, заземления и освещения, ограждение, запасные части, инструменты и принадлежности, комплект средств индивидуальной и противопожарной защиты, другие блоки и элементы в соответствии с проектом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ЗАКРЫТЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ 35/10(6) кВ

(Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, Украина)

Назначение и область применения

В настоящее время Ровенский завод высоковольтной аппаратуры является единственным в СНГ производителем закрытых комплектных трансформаторных подстанций, разработка конструкции которых была завершена специалистами завода в начале 2003 года. В настоящее время завод производит закрытые подстанции ЗКТПР-35/10(6) кВ с трансформаторами мощностью от 1000 до 16000 кВ·А. Техническое воплощение концепции закрытых трансформаторных подстанций стало возможным в результате разработки и начала производства в 2002 году принципиально новых аппаратов на напряжение 35 кВ:

- вакуумных выключателей внутренней установки ВР35;
- серии комплектных распределительных устройств (КРУ) внутренней установки КУ35.

ЗКТПР-35/10(6) разработана на основе комплектной трансформаторной подстанции КТПБР-М-5/10(6) кВ, и состоит из следующих основных блоков и элементов:

- одного или двух силовых трансформаторов;
- закрытого распределительного устройства на 35 кВ – КРПЗ-35, представляющего сооружение, собираемое на месте монтажа подстанции из отдельных транспортабельных блоков, в которые непосредственно на заводе монтируются шкафы КРУ серии КУ35;
- закрытого распределительного устройства 10 кВ – КРПЗ-10, собираемого на месте монтажа подстанции из отдельных транспортабельных блоков, в которые предварительно установлены КРУ серии КУ-10Ц;
- шкафов трансформаторов собственных нужд;
- ограждений, устройств грозозащиты, заземления, освещения и других
- элементов, предусмотренных проектом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

КАМЕРЫ СЕРИИ КСО-366(386)
(ОАО «Белсельэлектросетьстрой»),

Назначение и область применения

Камеры серии КСО-366 предназначены для комплектования распределительных устройств и служат для приема и распределения электрической энергии переменного тока частотой 50 Гц при номинальном напряжении 10 кВ.

Камеры предназначены для кабельных и шинных вводов.

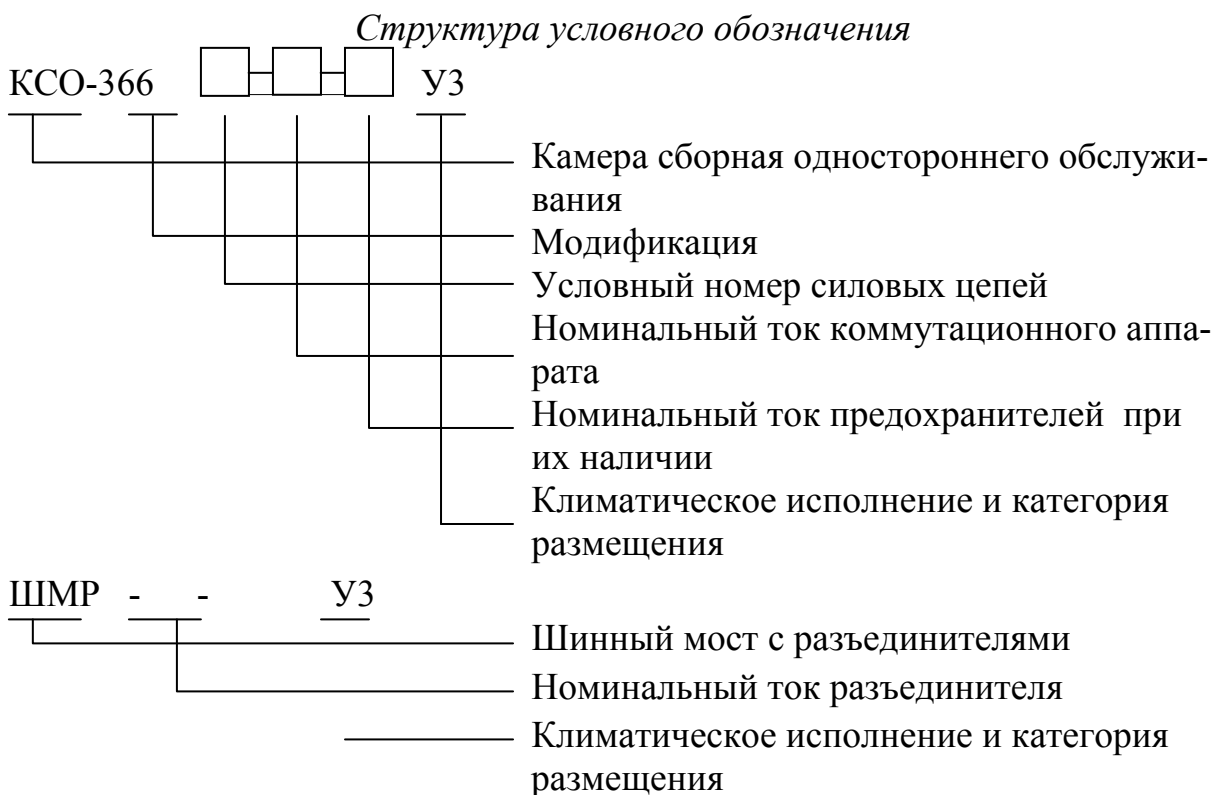
Возможна однорядная и двухрядная установка камер КСО-366.

При двухрядной установке камеры КСО-366 комплектуются шинными мостами с разъединителями.

В камерах предусмотрена возможность установки инвентарной перегородки для ограждения частей, остающихся под напряжением при работе персонала на кабеле.

Тип камер, и шинного моста, принципиальные электрические схемы первичных соединений, типы, номинальные токи коммутационных аппаратов и предохранителей, габаритные размеры и масса приведены в табл. П.7 .

Камера КСО-386 отличается от камеры КСО-366 геометрическими размерами, что связано с комплектацией камер КСО-386 выключателем нагрузки иной конструкции.

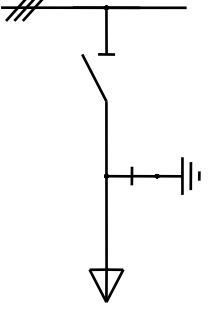
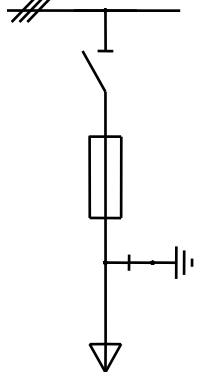


ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица П.7

Принципиальные схемы первичных соединений и основные технические

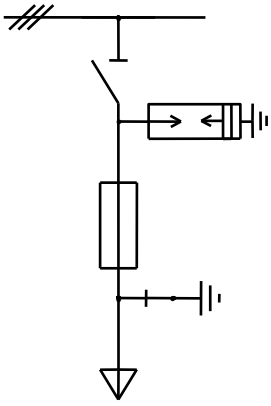
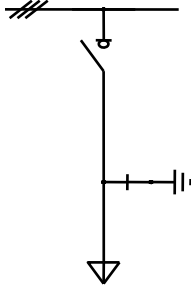
данные

Тип камеры	Принципиальные схемы первичных соединений	Тип, номинальный ток, А		Габариты, мм	Масса, кг
		Коммутационного аппарата	предохра- нителя		
1	2	3	4	5	6
КСО-366- 1-630 У3		РВЗ-10/630 (630 А)	—	2080×1000× ×1000	220
КСО-366- 2-630-40 У3 КСО-366- 2-630- -50У3 КСО-366- 2-630-80- У3 КСО-366- 2-630-100 У3		РВЗ-10/630 (630 А)	<u>ПК-10</u> 40 А 50 А 80 А 100 А	2080×1000× ×1000	240

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Продолжение таблицы П.7

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

<p>KC O-366-2p- 630-40 Y3</p> <p>KC O-366-2p- 630-50 Y3</p> <p>KC O-366-2p- 630-80 Y3</p> <p>KCO-366- 2p-630-100 Y3</p>		<p>PB3-10/630 (630 A)</p>	<p><u>ПК-10</u></p> <p>40 A</p> <p>50 A</p> <p>80 A</p> <p>100 A</p>	<p>2080×1000× ×1000</p>	<p>260</p>
<p>KCO-366- 3H-400 Y3</p>		<p>BHP-10/400- 10з (400 A)</p>	<p>—</p>	<p>2080×1000× ×1000</p>	<p>220</p>

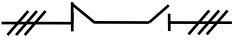
КСО-366 -2р-630 -40 У3		РВЗ-10/630 (630 А)	ПК-10	2080×1000× ×1000	260
КСО-366 -2р-630- - 50У3			40 А		
КСО-366 -2р-630- -80У3			50 А		
КСО-366- 2р-630- 100 У3			80 А		
			100 А		

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Продолжение таблицы П.7

1	2	3	4	5	6
КСО-366- 4Н-400- - 40 У3		ВНРП- 10/400-10з (400 А)	ПК-10	2080×1000× ×1000	240
КСО-66- 4Н-400- -50 У3			40 А		
КСО-366- 4Н-400- -80 У3			50 А		
КСО-366- 4Н-400- -100 У3			80 А		
			100 А		

КСО-366-4Нр-400-40 У3		ВНРП-10/400-10з (400 А)	ПК-10	2080×1000×1000	260
КСО-366-4Нр-400-50 У3			40 А		
КСО-366-4Нр-400-80 У3			50 А		
КСО-366-4Нр-400-100 У3			80 А		
КСО-366-13-630 У3		РВ-10/630 (630 А)	—	2080×1000×1000	260
КСО-366-14-630 У3		РВ-10/630 (630 А)	—	2080×500×1000	135
ПРИЛОЖЕНИЕ 7					
Окончание таблицы П.7					
1	2	3	4	5	6
КСО-366-12-630 У3		РВЗ-10/630 (630 А)	—	2080×1000×1000	240
КСО-366-15-630 У3		РВ-10/630 (630 А)	—	2080×500×1000	135

ШМР-630 У3		РВ-10/630 (630 А)	—	2900×715× ×730	220
---------------	-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	---	-------------------	-----

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

КАМЕРА СЕКЦИОНИРОВАНИЯ КС-2у
(ОАО «Белсельэлектросетьстрой»,
ЧУПП «Завод “Энергооборудования”», г. Гомель, РБ)

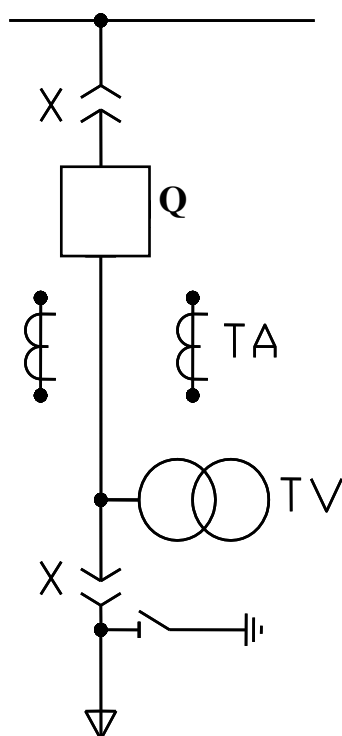


Рисунок П.8.1. Камера секционирования КС-2у

Назначение, область применения и конструкция

Камера секционирования КС-2у для распределительных сетей 10 кВ предназначена для автоматического выделения поврежденного участка электрической сети при устойчивых и неустойчивых междуфазных коротких замыканиях за счет автоматического секционирования сети, а также осуществления автоматического включения резерва.

Камера устанавливается в закрытых трансформаторных подстанциях. Она состоит из двух узлов: камеры-базы и выкатной тележки, и оснащается средствами релейной защиты и автоматики, необходимыми для автоматического выделения поврежденного участка.

Камера оборудована высоковольтным вакуумным выключателем, двумя трансформаторами тока, силовым однофазным трансформатором, платой релейной защиты и автоматики.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

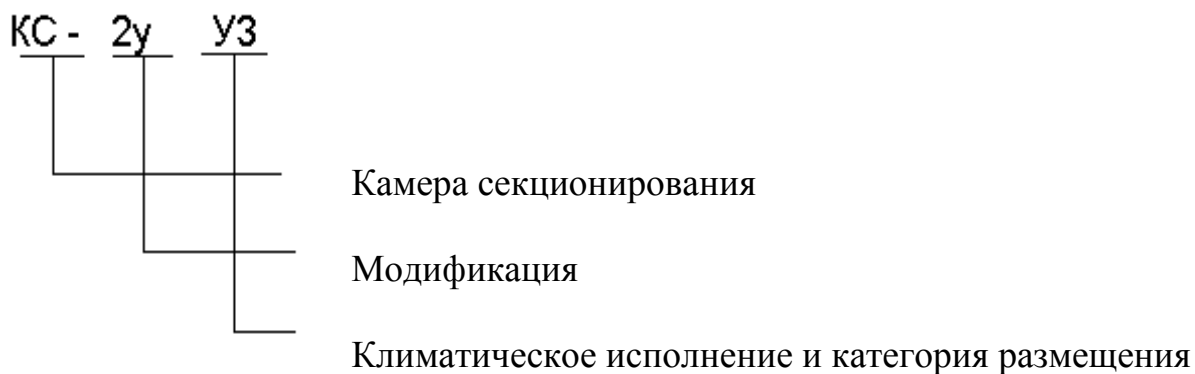
Таблица П.8

Основные технические данные

Параметры	Значения
Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	400
Номинальный ток трансформатора ТПЛ-10, А	75–100/5
Ток динамической устойчивости, кА	10

Ток термической устойчивости (4 с), кА	4
Масса камеры, кг	500
Габариты, мм	2080×1000×1000

Структура условного обозначения



ПРИЛОЖЕНИЕ 9

КАМЕРА ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ КВО-1
(ОАО «Белсельэлектросетьстрой»,
ЧУПП «Завод “Энергооборудование”», г. Гомель, РБ)

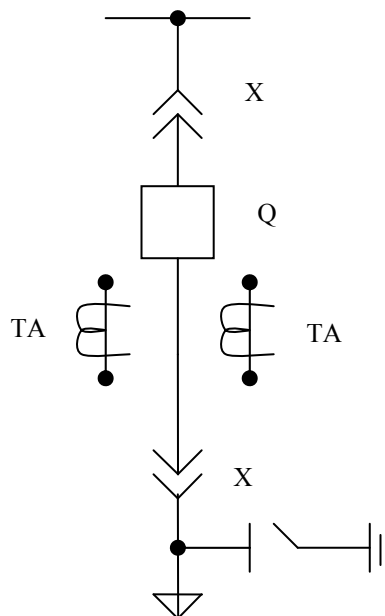


Рисунок П.9.1 Камера внутренней установки КВО-1

Назначение, область применения и структура

Камера КВО-1 устанавливается на отходящих воздушных и кабельных линиях в закрытых трансформаторных подстанциях и распределительных пунктах 10 кВ и предназначена для автоматического выделения поврежденного участка электрической цепи при устойчивых и неустойчивых междофазных коротких замыканиях путем автоматического секционирования сети и осуществления автоматического повторного включения резерва.

Камера состоит из двух узлов: камеры-базы и выкатной тележки, и оснащается средствами релейной защиты и автоматики, необходимыми для автоматического выделения поврежденного участка.

Камера оборудована высоковольтным вакуумным выключателем ВВЧ-С-10-20, двумя трансформаторами тока, отсеком релейной защиты и автоматики.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

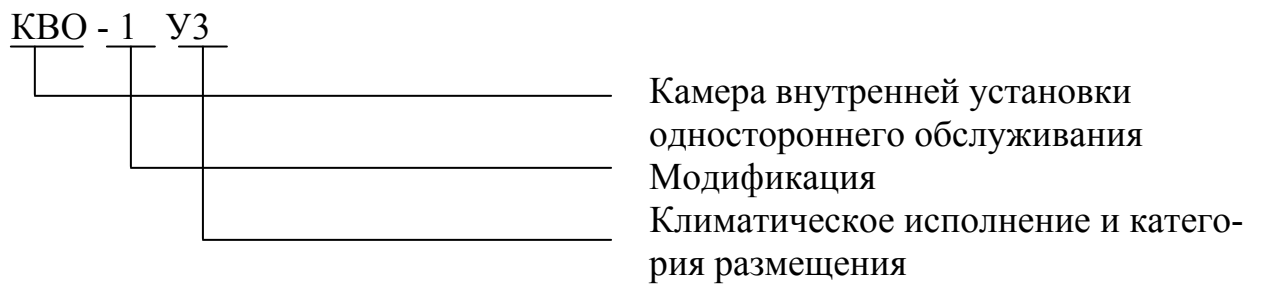
Таблица П.9

Основные технические данные

Параметры	Значения
-----------	----------

Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	630
Номинальный ток трансформатора тока, А	100–150/5
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20
Масса камеры, кг	430

Структура условного обозначения



ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ 6–10 кВ
(Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, Украина)

Назначение и область применения

Вакуумные выключатели ряда серий ВР — аппараты нового поколения, предназначенные для решения задач коммутации и защиты в сетях среднего напряжения. Выключатели ВР применяются для коммутации любых видов нагрузок при номинальных токах до 3150 А и токах отключения до 40 кА.

Выключатели ВР разработаны на основе единых конструктивных принципов: использование литых из эпоксидного компаунда полюсов; использование универсального электромагнитного привода, который работает на основе принципа «магнитной защелки» и управляется электронным блоком, расположенным в корпусе выключателя.

В состав серии ВР входят вакуумные выключатели: ВР0, ВР1, ВР2, ВР3, ВР6, ВР6В и ВР6К.

Выключатели ВР0, ВР1, ВР2, ВР3 используются для общепромышленного применения. Выключатели ВР6, ВР6В, ВР6К используются в распределительных устройствах собственных нужд тепловых и атомных электростанций.

Таблица П.10

Основные технические данные

Технические показатели	ВР0	ВР1	ВР2	ВР3	ВР6	ВР6К	ВР6В
Номинальное напряжение, кВ	10				6		
Номинальный ток, А	630; 1000		630–2000	2000–1350	1600–2000		600–3150
Номинальный ток отключения, кА	12,5	20	20; 31,5		40		
Механический ресурс, циклов В/О	100000				30000		
Коммутационный ресурс, циклов В/О: - при номинальных токах; - при номинальных токах отключения.	50000 100				30000 50		

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ 27,5–35 кВ (Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, Украина)

Назначение и область применения

ВР35 – принципиально новые вакуумные выключатели внутренней установки на номинальное напряжение 35 кВ. Выключатели имеют литые из эпоксидного компаунда полюса, универсальный электромагнитный привод и электронный блок управления, расположенный в корпусе выключателя. Выключатели ВР35 совместно с комплектными распределительными устройствами внутренней установки КУ35 и закрытыми распределительными устройствами КРПЗ-35 служат основой для построения закрытых трансформаторных подстанций 35/10 кВ.

ВБЗЕ(П)-35 – вакуумные выключатели наружной установки с электромагнитным приводом (ВБЗЕ-35) или с пружинным приводом (ВБЗП-35), используются в блоках открытых распределительных устройств 35 кВ комплектных трансформаторных подстанций КТПБР-110/35/10(6), КТПБР-М-35/10(6).

ВБЗО-27,5 – однофазные вакуумные выключатели наружной установки с электромагнитным приводом, предназначены для коммутации электрических цепей с номинальным напряжением 27,5 кВ и используются в блоках открытых распределительных устройств тяговых подстанций железных дорог.

Таблица П.11

Основные технические данные

Параметры	ВБЗО-27,5	ВБЗЕ(П)-35	ВР35
Номинальное напряжение, кВ	27,5	35	35
Номинальный ток, А	1000	630; 1000	1000; 1250
Номинальный ток отключения, кА	20	20	25
Механический ресурс, циклов В/О	10000	3000	30000
Коммутационный ресурс, циклов В/О: -при номинальных токах; -при номинальных токах отключения.	10000 50	3000 50	30000 50

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

КОНТАКТОР ВАКУУМНЫЙ ТИПА КВТ-10
(НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Контактор вакуумный КВТ-10-4/400 У2, УХЛ5 предназначен для коммутационных операций приемников электрической энергии в сетях и электроустановках промышленных предприятий на номинальные напряжения 10 кВ трехфазного переменного тока частоты 50 Гц.

Таблица П.12

Основные технические данные

Параметры	Значения
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток отключения, кА	4
Номинальный ток, А	400
Номинальное напряжение цепей питания привода: – переменного, В – постоянного, В	220 110, 220
Ток в цепях питания привода при постоянном или переменном напряжении питания 220 В: – при срабатывании, А, не более – при удерживании во включенном положении, А, не более	5 1
Ток в цепях питания привода при постоянном напряжении питания 110 В: – при срабатывании, А, не более – при удерживании во включенном положении, А, не более	10 2,2
Собственное время включения, мс, не более	150
Собственное время отключения, мс, не более	60
Масса, кг	40

Устройство и принцип действия

Принцип работы контактора основан на гашении в вакууме электрической дуги, возникающей при размыкании контактов. Гашение электрической дуги обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой КДВЗ-10-5/400 УХЛ2 ИМПБ.686484.015 ТУ.

Контактор состоит из трех дугогасительных полюсов и привода, закрепленных на общем основании. Каждый полюс содержит вакуумную дугу

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

гасительную камеру (КДВ), механизм дополнительного поджатия контактов КДВ и токовыводы, конструктивно расположенные в корпусе.

Электромагнитный привод через рычаг замыкает и размыкает контак-

ты КДВ.

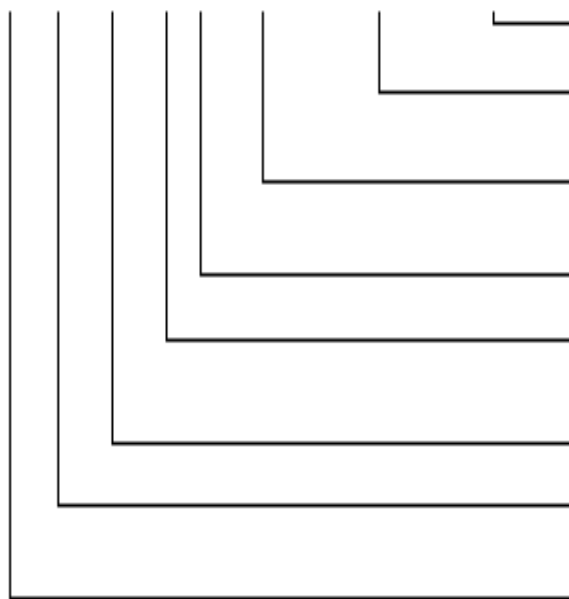
Общее основание, корпус полюса, рычаг привода изготовлены из изоляционного прессматериала АГ-4В. Электрическая схема блока питания и управления собрана на панели, закрепленной на корпусах дугогасительных блоков.

Контакты являются универсальными по роду напряжения питания:

- постоянное (например, от аккумуляторной батареи);
- выпрямленное (несглаженное);
 - переменное (в т. ч. с искажениями синусоидальной формы вплоть до почти прямоугольной, характерной для феррорезонансных стабилизаторов).

Структура условного обозначения контактора

К В Т-10-4/400 У2, УХЛ5-ХХ



Номинальное напряжение цепей питания привода, В

Обозначение вида климатического исполнения и категории размещения по ГОСТ 15150–69

Номинальный ток, А

Номинальный ток отключения, кА

Номинальное напряжение, кВ

Трёхполюсный

Вакуумный

Контактор

Пример записи обозначения контактора в других документах и (или) при заказе:

контактор вакуумный **КВТ-10-4/400 У2, УХЛ5 КУЮЖ.674273.001 ТУ**
— условное обозначение вакуумного контактора на номинальный ток 400 А, номинальный ток отключения 4 кА, номинальное напряжение 10 кВ с электромагнитным приводом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВАКУУМНЫЙ ВБЭМ-10-20/1000 УХЛ2

(НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели ВБЭМ-10-20/1000 предназначены для частых коммутационных операций в ячейках КРУ, устанавливаемых в энергосистемах трехфазного тока частотой 50 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью, а также в шкафах управления приемниками электрической энергии промышленных предприятий.

Допускается применение выключателей для пуска и отключения асинхронных двигателей с короткозамкнутым или фазным ротором, а также

торможения указанных двигателей противотоком и отключения медленно вращающихся электродвигателей. В случае необходимости эксплуатации выключателей в условиях, непредусмотренных в ТУ, завод имеет возможность модернизации выключателя по заявке заказчика.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86 и КУЮЖ.674152.014 ТУ.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВА2-10-20/1000 УХЛ2-2 по МИБД.686484.020 ТУ.

Таблица П.13

Основные технические данные

Параметры	Значения
1	2
Номинальное рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	1000 (800)*
Номинальный ток отключения, кА	20 (12,5)*
Сквозной ток короткого замыкания: - ток электродинамической стойкости, кА - ток термической стойкости, кА - время протекания тока термической стойкости, с	51 20 3
Полное время включения, мс, не более	150
Собственное время отключения, мс, не более	40
Токи потребления электромагнита включения: - при номинальном напряжении – 220 В, - при номинальном напряжении – 110 В, - при номинальном напряжении – 220 В.	не более 40 А не более 80 А не более 40 А

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Окончание таблицы П.13

1	2
Токи потребления электромагнита отключения: - при номинальном напряжении – 220 В, - при номинальном напряжении – 110 В, - при номинальном напряжении – 220 В.	не более 3,0 А не более 1,5 А не более 2,0 А
Электрическое сопротивление постоянному току: - главной цепи полюса, мкОм, не более -ход подвижного контакта полюса, мм	100 6
Масса выключателей должна быть не более, кг	60

*Параметры выключателя ВБЭМ-10-12,5/800 УХЛ2 указаны в круглых скобках

Устройство и принцип действия выключателя

Выключатель состоит из трех дугогасительных полюсов и привода, закрепленных на общем основании. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру (КДВ). Механизм дополнительного поджатия контактов КДВ и токовыводы, конструктивно расположенные в корпусе.

Выключатель оснащен тремя пневматическими демпферами.

Электромагнитный привод через рычаг замыкает и размыкает контакты КДВ.

Общее основание, корпус полюса, рычаг привода изготовлены из изоляционного прессматериала АГ-4В.

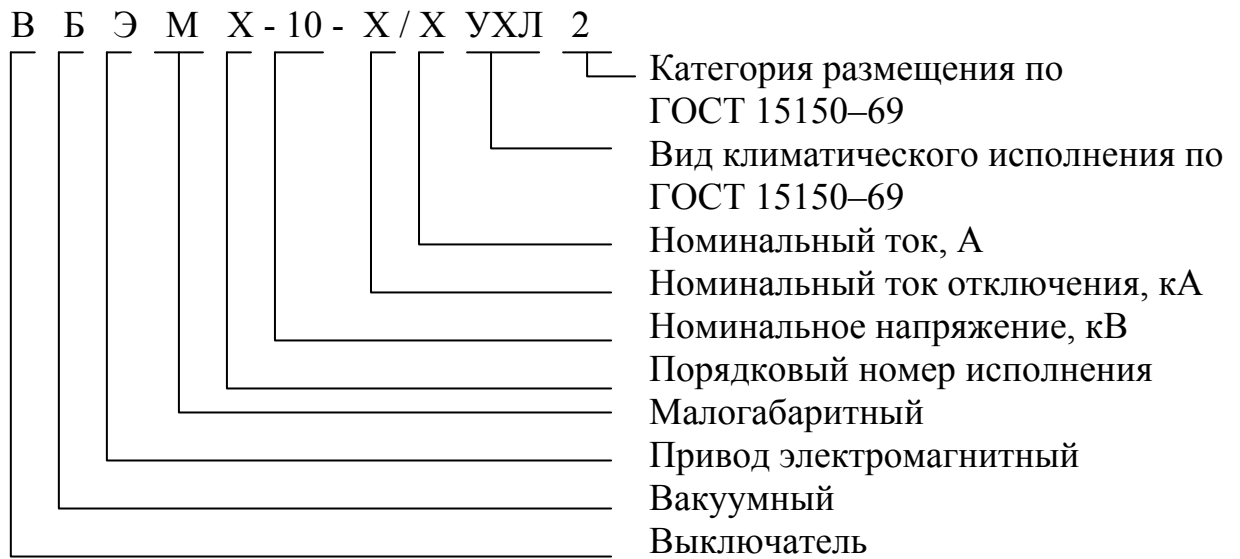
Электрическая схема блока питания и управления собрана на панели, закрепленной на корпусах дугогасительных блоков.

Выключатель имеет в своем составе аварийные расцепители максимального тока, минимального напряжения и расцепитель от независимого источника.

Структура условного обозначения выключателя

Пример записи обозначения выключателя в других документах и (или) при заказе: ВБЭМ1-10-20/1000 УХЛ 2 КУЮЖ.674152.014 ТУ — условное обозначение малогабаритного вакуумного выключателя исполнения 1 на номинальный ток 1000 А, номинальный ток отключения 20 кА, номинальное напряжение 10 кВ, с электромагнитным приводом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 13



ПРИЛОЖЕНИЕ 14

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВБ-10-20 (НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели предназначены для частых коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в ячейках комплектных распределительных устройств в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 6–10 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВХ4-10-20/1600 УХЛ2 по ИМПБ.686484.017 ТУ и КДВА5-10-20/1600 УХЛ2 по МИБД.686484.025 ТУ.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86, и КУЮЖ.674152.012 ТУ.

Таблица П.14

Основные технические данные

Параметры	Значения
1	2
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	1600 (630; 1000; 1250)
Номинальный ток отключения, кА	20
Собственное время включения, мс, не более:	
- электромагнитным приводом;	70
- пружинно-магнитным приводом.	50
Сквозной ток короткого замыкания	
- ток электродинамической стойкости, кА;	51
- ток термической стойкости, кА;	20
- время протекания тока термической стойкости, с.	3
Собственное время отключения, мс, не более:	40
Полное время отключения, мс, не более:	60

<p>Расцепитель минимального напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> -напряжение срабатывания, В; - напряжение возврата, В; - выдержка времени срабатывания при полном снятии напряжения (в зависимости от величины подключенной емкостной батареи, входящей в состав выключателя), с; 	<p>100 переменного тока</p> <p>от 0,35 до 0,5 номинального не более 0,85 номинального</p> <p>0,8 или 1,6 или 2,4 или 3,2 или 4</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Окончание таблицы П.14

1	2
<ul style="list-style-type: none"> - отклонение времени срабатывания относительно среднего значения при полном снятии напряжения, с, не более - потребление мощности при подтянутом якоре и при номинальном напряжении, ВА, не более 	<p>± 3</p> <p>30</p>
<p>Расцепитель с питанием от независимого источника:</p> <ul style="list-style-type: none"> - номинальное напряжение питания тока; - ток потребления при номинальном напряжении не более 0,45 А. 	<p>220 В; ~ 220 В</p> <p>2,0 А</p>
<p>Расцепитель максимального тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ток срабатывания, А; - потребление мощности при неподтянутом якоре, ВА 	<p>3 или 5</p> <p>не более 40</p>
<p>Пружинно-магнитный привод:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ток потребления электромагнита включения: <ul style="list-style-type: none"> - при номинальном напряжении 220 В переменного тока, А; - при номинальном напряжении 220 В постоянного тока, А; - при номинальном напряжении 110 В постоянного тока, А. ▪ Ток потребления электромагнита взвода пружины: <ul style="list-style-type: none"> - при номинальном напряжении 220 В постоянного тока, А; - при номинальном напряжении 110 В постоянного тока, А; - время заводки включающей пружины, с 	<p>2 А</p> <p>0,45 или 1,5</p> <p>0,9 или 3,0</p> <p>3,0</p> <p>6</p> <p>20</p>

<p>Электромагнитный привод:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Токи потребления электромагнита включения: - при номинальном напряжении 220 В переменного и постоянного тока, А; - при номинальном напряжении 110 В постоянного тока, А 	<p>35</p> <p>70</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Масса выключателей должна быть не более: - с электромагнитным приводом, кг - с пружинно-магнитным приводом, кг 	<p>70</p> <p>75</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Устройство и принцип действия выключателя

Выключатель представляет собой аппарат трёхполюсного исполнения с функционально зависимыми полюсами со встроенным приводом. Операции включения осуществляются приводом прямого действия за счет тягового усилия электромагнита включения (выключателей с *электромагнитным приводом*) или приводом косвенного действия за счёт тягового усилия пружины включения (выключателей с *пружинно-магнитным приводом*). Отключение выключателя (в том числе автоматическое отключение при токах короткого замыкания или перегрузках) осуществляется за счет энергии, запасенной пружинами отключения выключателя при включении.

Гашения дуги в выключателе осуществляется вакуумными дугогасительными камерами (КДВ). Электрическая дуга, благодаря специальной форме контактов, создающих собственное продольное (аксиальное) магнитное поле с диффузионной формой горения дуги, распадается и гасится при переходе тока через ноль. Благодаря высокой электрической прочности вакуумного промежутка в течение долей секунды между контактами восстанавливается напряжение.

Выключатель состоит из трех дугогасительных полюсов, закрепленных, на корпусе привода выключателя. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру, механизм дополнительного поджатия контактов КДВ и токовыводы.

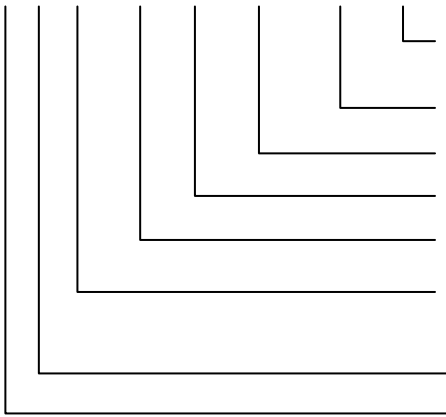
1) *Пружинно-магнитный привод* состоит из электромагнита взвода пружины, пружины включения, электромагнита включения, блока механических защелок, демпфирующего гидравлического устройства, электромагнита отключения и аварийных расцепителей. Электрическая схема блока питания и управления выключателем собрана на панели, закреплённой в корпусе привода.

2) *Электромагнитный привод* состоит из электромагнита взвода пружины, пружины включения, электромагнита включения, блока механических защелок, демпфирующего гидравлического устройства, электромагнита отключения и аварийных расцепителей. Электрическая схема блока питания и управления выключателем собрана на панели, закреплённой в корпусе выключателя.

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Структура условного обозначения выключателя

Пример записи обозначения выключателей в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБМ-10-20/1600 УХЛ2 КУЮЖ.674152.012 ТУ – условное обозначение вакуумного выключателя на номинальный ток 1600 А, номинальный ток отключения 20 кА, номинальное напряжение 10 кВ с электромагнитным приводом.

<p>В Б Х – 10-20/1600 УХЛ 2</p> 	<p>Категория размещения ГОСТ 15150–69 Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150–69 Номинальный ток, А (630, 1000, 1250) Номинальный ток отключения, кА Номинальное напряжение, кВ Вид привода: (М – электромагнитный; П – пружинно-магнитный) Вакуумный Выключатель</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Пример записи обозначения выключателей в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБМ-10-20/1600 УХЛ2 КУЮЖ.674152.012 ТУ – условное обозначение вакуумного выключателя на номинальный ток 1600 А, номинальный ток отключения 20 кА, номинальное напряжение 10 кВ с электромагнитным приводом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВБЭ-10-20/630 –1600 (НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели предназначены для частых коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в ячейках комплектных распределительных устройств в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 6–10 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86, КУЮЖ.674152.001 ТУ.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВХ4-10-20/1600 УХЛ2 по ИМПБ.686484.017 ТУ и КДВХ5-10-20/1600 УХЛ2 по МИБД.686484.025 ТУ.

Таблица П.15

Основные технические данные

Параметры	Значения
1	2
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	1600 (630; 1000; 1250)*
Номинальный ток отключения, кА	20
Собственное время включения, мс, не более:	100
Сквозной ток короткого замыкания: - ток электродинамической стойкости, кА; - ток термической стойкости, кА; - время протекания тока термической стойкости, с.	51 20 3
Токи потребления электромагнита включения: - при номинальном напряжении 220 В переменного и постоянного тока, А - при номинальном напряжении 110 В постоянного тока, А	40 80
Собственное время отключения, мс, не более	40
Расцепитель минимального напряжения: -напряжение срабатывания, В; - напряжение возврата, В;	не более 100 В переменного тока от 0,35 до 0,5 номинального не более 0,85 номинального

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

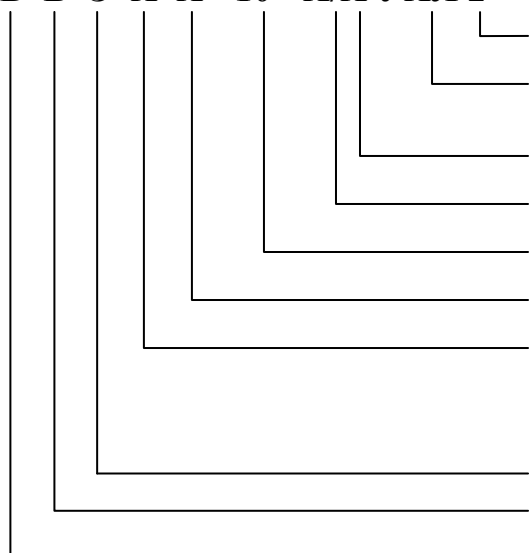
Окончание таблицы П.15

1	2
- выдержка времени срабатывания при полном снятии напряжения (в зависимости от величины подключенной емкостной батареи, входящей в состав выключателя) - отклонение времени срабатывания относительно среднего значения при полном снятии напряжения, с, не более: - потребление мощности при подтянутом якоре и при номинальном напряжении, ВА, не более	0,5 с или 1 с или 2 с или 3 с или 4 с ± 3 30
Расцепитель с питанием от независимого источника: - номинальное напряжение питания постоянного тока, В; - диапазон отклонений номинального напряжения, В; - ток потребления при номинальном напряжении, А не более	220 154–242 0,5
Масса выключателей должна быть не более: - стационарного исполнения, кг - выкатного исполнения, кг	120 200

*Допускается использование выключателей с номинальным током 1000 А на номинальный ток 630 А, а с номинальным током 1600 А на номинальный ток 1250 А.

Структура условного обозначения выключателя

В Б Э Х Х - 10 - Х/Х УХЛ 2



Категория размещения по ГОСТ 5150–69
 Вид климатического исполнения по
 ГОСТ 15150–69
 Номинальный ток, А
 Номинальный ток отключения, кА
 Номинальное напряжение, кВ
 Порядковый номер исполнения
 Условное обозначение конструктивного
 исполнения: стационарный (С) или вы-
 катной (К)
 Привод электромагнитный
 Вакуумный
 Выключатель

Пример записи обозначения выключателей в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБЭС2-10-20/1600 УХЛ2 КУЮЖ.674152.001 ТУ – условное обозначение вакуумного выключателя стационарного варианта второго вида исполнения на номинальный ток 1600 А, номинальный ток отключения 20 кА, номинальное напряжение 10 кВ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

Устройство и принцип действия выключателя

Выключатель – аппарат прямого действия. Операции включения выключателя осуществляются электромагнитным приводом прямого действия за счет тягового усилия электромагнита включения. Отключение выключателя (в том числе автоматическое отключение при токах короткого замыкания или перегрузках) осуществляется за счет энергии, запасенной пружинами выключателя при включении.

Гашение дуги в выключателе осуществляется вакуумными дугогасительными камерами (КДВ). Электрическая дуга, благодаря специальной форме контактов, направляется в стороны от центра, вращается по поверхности контактов, распадается и гасится при переходе тока через ноль. Благодаря высокой электрической прочности вакуумного промежутка в течение долей микросекунд между контактами восстанавливается напряжение.

Выключатель состоит из трех дугогасительных полюсов, закрепленных через опорные изоляторы на корпусе привода. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру (КДВ), механизм дополнительного поджатия контактов КДВ и токовыводы.

Электромагнитный привод состоит из электромагнита включения, блока механических защелок, демпфирующего гидравлического устройства, электромагнита отключения и аварийных расцепителей. Электрическая схема блока питания и управления выключателем собрана на панели, закрепленной в корпусе привода.

Между полюсами выключателя установлены изоляционные перегородки. В выключателях выкатного исполнения привод установлен на тележке, имеющей механизм блокировки, связанный с выключателем.

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВБЭ-10-31,5/630 –1600
(НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели предназначены для частых коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в ячейках комплектных распределительных устройств в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 6–10 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86, КУЮЖ.674152.016 ТУ. Вакуумный выключатель типа ВБЭ-10-31,5/630–1600 разработан на базе выключателя ВБЭ-10-20.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВ2-10-31,5Л600 УХЛ2 по МИБД.686484.011 ТУ.

Выключатели предназначены для встраивания в базовые ячейки К-104 и К-59.

Таблица П.16

Основные технические данные

Параметры	Значения
1	2
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630–1600
Номинальный ток отключения, кА	31,5
Собственное время включения, мс, не более	100
Собственное время отключения, мс, не более	40
Сквозной ток короткого замыкания: - ток электродинамической стойкости, кА; - ток термической стойкости, кА; - время протекания тока термической стойкости, с.	80 31,5 3
Токи потребления электромагнита включения при номинальном напряжении: - 220 В переменного тока, А, не более - 220 В постоянного тока, А, не более - 110 В постоянного тока, А, не более	45 45 95
Токи потребления электромагнита отключения при номинальном напряжении: - 220 В переменного тока, А, не более - 220 В постоянного тока, А, не более - 110 В постоянного тока, А, не более	2 1,5 3

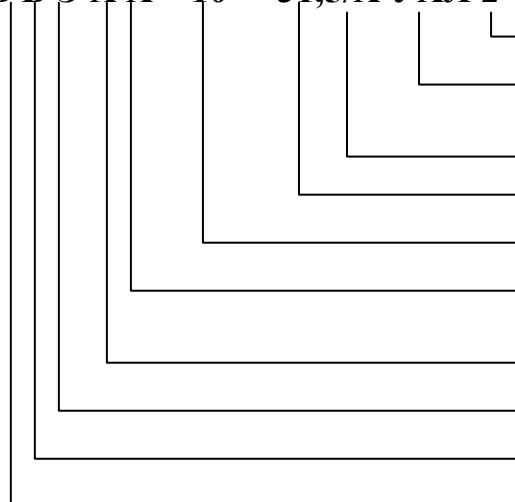
ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Окончание таблицы П.16

1	2
<p>Расцепитель минимального напряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - номинальное напряжение, В - напряжение срабатывания, В; - напряжение возврата, В; - выдержка времени срабатывания при полном снятии напряжения (в зависимости от величины подключенной емкостной батареи, входящей в состав выключателя), с - отклонение времени срабатывания относительно среднего значения при полном снятии напряжения, с, не более - потребление мощности при подтянутом якоре и при номинальном напряжении, ВА, не более 	<p>не более 100 В переменного тока от 0,35 до 0,5 номинального не более 0,85 номинального 0,8 с или 1,6 с или 2,4 с или 3,2 с или 4 с</p> <p style="text-align: center;">± 3</p> <p style="text-align: center;">30</p>
<p>Расцепитель с питанием от независимого источника:</p> <ul style="list-style-type: none"> - номинальное напряжение питания постоянного тока, В 	<p style="text-align: center;">220 В</p>
<p>Расцепитель максимального тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ток срабатывания, А 	<p style="text-align: center;">3 или 5</p>

Структура условного обозначения выключателя

В Б Э Х Х – 10 – 31,5/Х УХЛ 2



- Категория размещения по ГОСТ 15150–69
- Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150–69
- Номинальный ток, А
- Номинальный ток отключения, А
- Номинальное напряжение, кВ
- Порядковый номер исполнения
- Условное обозначение конструктивного исполнения: стационарный (С) или выкатной (К)
- Привод электромагнитный
- Вакуумный
- Выключатель

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Пример записи обозначения выключателей в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБЭС2-10-31,5/1000 УХЛ2 КУЮЖ.674152.016 ТУ — условное обозначение вакуумного выключателя стационарного исполнения на номинальный ток 1000 А, номинальный ток отключения 31,5 кА, номинальное напряжение 10 кВ с электромагнитным приводом.

Устройство и принцип действия выключателя

Принцип работы выключателя основан на гашении в вакууме электрической дуги, возникающей при размыкании контактов. Гашение электрической дуги обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой КДВА2-10-31,5/1600 УХЛ2 МИБД.686484. 011 ТУ.

Выключатель состоит из следующих основных частей:

- 1) три полюса с единым приводом на все полюса. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру (КДВ) и узлы поджатия контактов КДВ, закреплённые на раме привода;
- 2) рама, на которой в подшипниках качения установлен вал выключателя, узел пружины отключения, встроенные электромагниты включения и отключения и блоки сигнализации;
- 3) вал выключателя, который предназначен для перемещения контактов КДВ за счёт тягового усилия электромагнита включения и энергии, запасённой в узле пружины отключения, а также осуществляет кинематическую связь с блоками сигнализации;
- 4) узел пружины отключения, предназначенный для отключения выключателя и амортизации удара при отключении выключателя;
- 5) электромагнит включения, который предназначен для оперативного включения выключателя;
- 6) электромагнит отключения и расцепители, которые предназначены для оперативного и аварийного отключения выключателя;
- 7) блоки сигнализации, которые предназначены для обеспечения работы схемы управления выключателя и сигнализации положения выключателя.

Встроенные электромагниты включения и отключения имеют возможность воздействовать на механизм свободного расцепления, обеспечивая тем самым управление выключателем.

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВБЭ-10-31,5/2000 –3150
(НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели предназначены для частых коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах и ячейках комплектных распределительных устройств в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 6–10 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86, КУЮЖ.6741 52.021 ТУ. В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВАЗ-10-31,5/3150 УХЛ2 по МИБД.686484.026 ТУ.

Таблица П.17

Основные технические данные

Параметры	Значения
1	2
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	2000, 2500, 3150
Номинальный ток отключения, кА	31,5
Собственное время включения, мс, не более:	150
Собственное время отключения, мс, не более:	25–30
Сквозной ток короткого замыкания: - ток электродинамической стойкости, кА; - ток термической стойкости, кА; - время протекания тока термической стойкости, с.	80 31,5 3
Токи потребления электромагнита включения при номинальном напряжении: - 220 В переменного тока, А, не более - 220 В постоянного тока, А, не более - 110 В постоянного тока, А, не более	45 50 95
Токи потребления электромагнита отключения при номинальном напряжении: - 220 В переменного тока, А, не более - 220 В постоянного тока, А, не более - 110 В постоянного тока, А, не более	2 1,5 3
Расцепитель минимального напряжения: – номинальное напряжение, В	не более 100 В переменного тока

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Окончание таблицы П.17

– напряжение срабатывания, В; – напряжение возврата, В; – выдержка времени срабатывания при полном снятии напряжения (в зависимости от величины подключенной емкостной батареи, входящей в состав выключателя), с: – отклонение времени срабатывания относительно среднего значения при полном снятии напряжения, с, не более: – потребление мощности при подтянутом якоре и при номинальном напряжении, ВА, не более	от 0,35 до 0,5 номинального не более 0,85 номинального 0,8 с или 1,6 с или 2,4 с или 3,2 с или 4 с ± 0,3 30
Расцепитель с питанием от независимого источника: – номинальное напряжение питания постоянного тока, В – ток потребления при номинальном напряжении, А, не более	220 В 0,5
Расцепитель максимального тока: – ток срабатывания, А – потребление мощности при неподтянутом якоре, ВА, не более	3 или 5 30
Масса выключателей должна быть не более: – стационарного исполнения, кг – выкатного исполнения, кг	150 200

Устройство и принцип действия выключателя

Принцип работы выключателя основан на гашении в вакууме электрической дуги, возникающей при размыкании контактов. Гашение электрической дуги обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой КДВАЗ-10-31,5/3500 УХЛ2 МИБД.686484.026 ТУ.

Выключатель состоит из следующих основных частей:

- 1) три полюса с единым приводом на все полюса. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру (КДВ) и узлы поджатия контактов КДВ, закрепленные на раме привода.
- 2) рама, на которой в подшипниках качения установлен вал выключателя, узел пружины отключения встроенные электромагниты включения и отключения и блоки сигнализации.

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

- 3) вал выключателя, который предназначен для перемещения контактов КДВ за счет тягового усилия электромагнита включения и энергии, запасенной в узле пружины отключения, а также осуществляет кинематическую связь с блоками сигнализации.
- 4) узел пружины отключения, который предназначен для отключения выключателя и амортизации удара при отключении выключателя.
- 5) электромагнит включения, который предназначен для оперативного включения выключателя.
- 6) электромагнит отключения и расцепители, которые предназначены для оперативного и аварийного отключения выключателя.
- 7) блоки сигнализации, которые предназначены для обеспечения работы схемы управления выключателя и сигнализации положения выключателя.

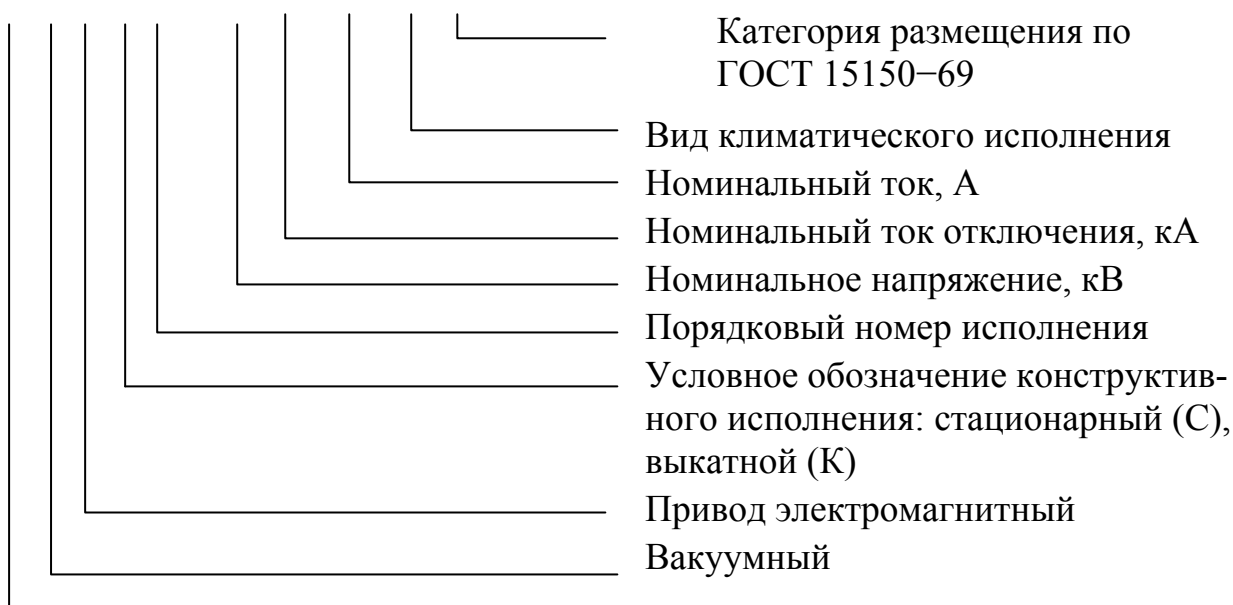
Встроенные электромагниты включения и отключения имеют возможность воздействовать на механизм свободного расцепления, обеспечивая тем самым управление выключателем.

Между полюсами выключателя установлены изоляционные перегородки.

В выключателях выкатного исполнения привод установлен на тележку, имеющую механизм блокировки, связанный с выключателем.

Структура условного обозначения выключателя

В Б Э Х Х - 10-31,5/Х УХЛ 2



Выключатель

Пример записи обозначения выключателя в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБЭС2-10-31,5/3150 УХЛ 2 КУЮЖ.6741452.021 ТУ— условное обозначение вакуумного выключателя стационарного варианта второго вида исполнения на номинальный ток 3150 А, номинальный ток отключения 31,5 кА, номинальное напряжение 10 кВ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВБЭТ-35 III (НПП «Контакт» г. Саратов)

Назначение и область применения

Выключатели высоковольтные вакуумные типа ВБЭТ-35 III предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для открытых и закрытых распределительных устройств, объектов энергетики, для тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, а также для частых коммутаций в электротермических установках.

По согласованию с заводом-изготовителем возможно и изготовление выключателей в тропическом исполнении.

Таблица П.18

Параметры и технические данные:

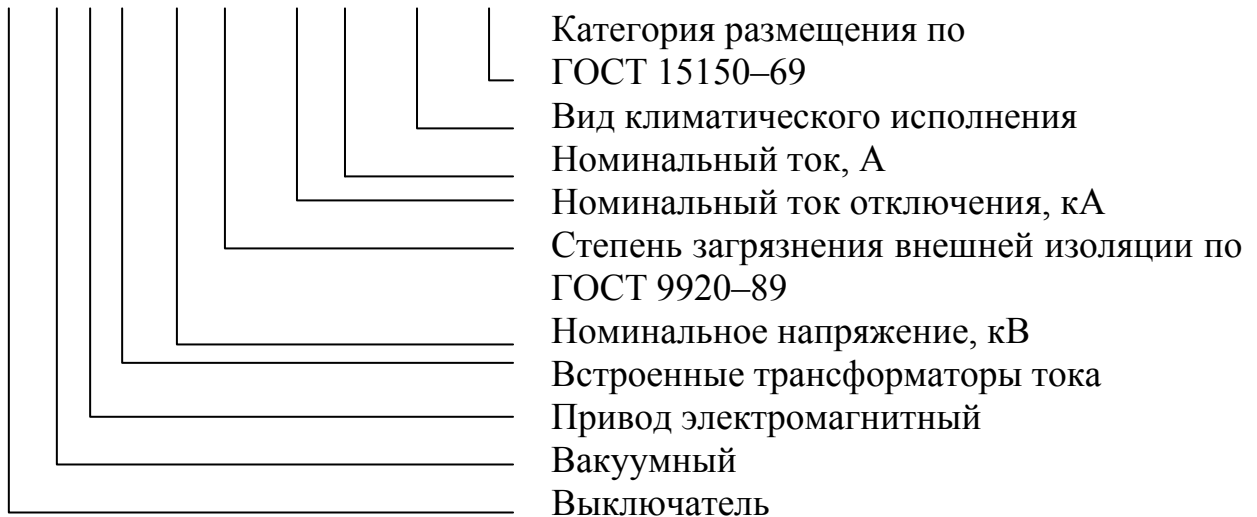
Параметры	ВБЭТ-35 III -25/630	ВБЭТ-35 III -25/1600
Номинальное напряжение, кВ	35	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	40,5
Номинальный ток, А	630	1600
Номинальный ток отключения, кА	25	25
Сквозной ток короткого замыкания: – ток электродинамической стойкости, кА – ток термической стойкости, кА – время протекания тока термической стойкости, с	 63 25 3	 63 25 3
Собственное время отключения, мс, не более	150	150
Полное время отключения, мс, не более	80	80
Электрическое сопротивление постоянному току главной цепи полюса, мкОм	200	160
Ход подвижного контакта	16 ⁺¹	16 ⁺¹

полюса, мм		
Масса выключателей, кг	720	780

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

Структура условного обозначения выключателя

В Б Э Т - 35 III 25/630 УХЛ1



Пример записи обозначения выключателей в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБЭТ-35 III-25/630 УХЛ1 ЭВ-220 В, ЭО-220 В, трансформаторы тока 600/5, КУЮЖ. 674153.001 ТУ — условное обозначение вакуумного выключателя наружной установки с шестью встроенными трансформаторами тока исполнения 600/5 на номинальный ток 630 А, номинальный ток отключения 25 кА, номинальное напряжение 35 кВ номинальное напряжение включающего электромагнита (ЭВ) привода 220 В и номинальное напряжение отключающего электромагнита (ЭО) привода и катушки контактора 220 В

Устройство и принцип действия выключателя

Выключатель состоит из трех полюсов. Они собраны на отдельных крышках, установленных на каркасе. Полюса соединены между собой в один общий комплект междуполюсными муфтами. На каркасе укреплен шкаф с электромагнитным приводом постоянного тока ПЭМУ-500. Допускается питание включающих электромагнитов привода выпрямленным током, например, от устройства питания типа УКП-КН. Гашение электрической дуги обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой КДВ2-35-25/1600 УХЛ2 ИМПБ.686485.009 ТУ.

Для снижения перенапряжений, возникающих при отключении, выключатель оснащен специальным устройством. Выключатель комплектуется, встроенными трансформаторами тока ТВ-35-III. В качестве допол-

нительной изоляции дугогасительных камер применяется трансформаторное масло.

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВВП-10-20/1000 УХЛ2 (НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатель предназначен для частых коммутаций электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в камерах КСО в электрических сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 6–10 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью. Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397 – 86, КУЮЖ.674152.019 ТУ.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВ2-10-20/1000 УХЛ2 по МИБД.686484.020 ТУ.

Таблица П.19.

Основные технические данные

Параметры	Значения
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток отключения, кА	20
Номинальный ток, А	1000
Собственное время включения, мс, не более	50–60
Собственное время отключения, мс, не более	25–30
Пружинно- магнитный привод:	
Номинальное напряжение питания привода переменного тока частотой 50 Гц, В	220
Электромагнит включения: - ток потребления при номинальном напряжении, А, не более	2
Электромагнит отключения: - ток потребления при номинальном напряжении, А, не более	2
Электромагнит взвода пружины: - ток потребления при номинальном напряжении, А, не более - время заводки включающей пружины, с	3,5 12

Расцепитель с питанием от независимого источника: - ток потребления при номинальном напряжении, А, не более	0,75
Масса выключателей должна быть не более, кг	57

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Структура условного обозначения выключателя

В Б Х П - 10 - 20 / 1000 УХЛ 2	Категория размещения по ГОСТ 15150–69
└──┘	Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150–69
└──┘	Номинальный ток, А (630, 1000, 1250)
└──┘	Номинальный ток отключения, кА
└──┘	Номинальное напряжение, кВ
└──┘	Поперечное расположение полюсов
└──┘	Вид привода (М – электромагнитный; П – пружинно-магнитный)
└──┘	Вакуумный
└──┘	Выключатель

Пример записи обозначения выключателей в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБПП-10-20/1000 УХЛ2 КУЮЖ.674152.019 ТУ— условное обозначение вакуумного выключателя на номинальный ток 1000 А, номинальный ток отключения 20 кА, номинальное напряжение 10 кВ с пружинно-магнитным приводом, поперечным расположением полюсов, категория размещения по ГОСТ 15150–69, вид климатического исполнения по ГОСТ 15150–69.

Устройство и принцип действия выключателя

Особенностью конструкции этого выключателя является поперечное расположение полюсов относительно сборных шин для перспективных ячеек КСО, что позволяет открыть удобный доступ к монтажу и обслуживанию. Операции включения выключателя осуществляются за счёт тягового усилия пружины включения. Отключение выключателя (в том числе автоматическое отключение при токах короткого замыкания или перегрузках) осуществляется за счёт энергии, запасённой пружинами выключателя при включении.

Гашение дуги в выключателе осуществляется вакуумными дугогасительными камерами (КДВ). Электрическая дуга, благодаря специальной форме контактов, создающих собственное продольное (аксиальное) магнит-

ное поле с диффузной формой горения дуги, распадается и гасится при переходе тока через ноль. Благодаря высокой электрической прочности вакуумного промежутка в течение долей микросекунд между контактами восстанавливается напряжение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Выключатель состоит из трёх дугогасительных полюсов, закреплённых на корпусе выключателя. Все корпусные детали высоковольтной части выключателя выполнены из изоляционного материала, что позволяет встраивать его в ячейки с ограниченным пространством высоковольтного отсека. Каждый полюс содержит вакуумную дугогасительную камеру, механизм дополнительного поджатия контактов КДВ и токовыводы.

Вакуумная малогабаритная дугогасительная камера нового поколения КДВА2-10-20/1000УХЛ2, используемая в выключателе, серийно изготавливается на ФГУП НПП «Контакт».

Выключатель оснащён пружинно-магнитным приводом с низким потреблением тока. Пружинно-магнитный привод состоит из электромагнита взвода пружины, пружины включения, электромагнита включения, блока механических защёлки, демпфирующего гидравлического устройства, электромагнита отключения и расцепителя от независимого источника.

Электрическая схема блока питания и управления выключателем собрана на панели, закреплённой в корпусе привода.

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВАКУУМНЫЙ ВБЭК-35-25(31,5)/630–1600 УХЛ2 (НПП «Контакт»г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатель предназначен для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в ячейках комплектных распределительных устройств в электрических сетях трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 35 кВ с изолированной или заземленной нейтралью, а также для замены устаревших маломасляных и элегазовых выключателей.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86 и КУЮЖ.674153.004 ТУ.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВ2-35-25/1600 УХЛ2 по ИМПБ.686485.009 ТУ или КДВ3-35-31,5/1600 УХЛ2 по МИБД.686485.036 ТУ.

Таблица П.20

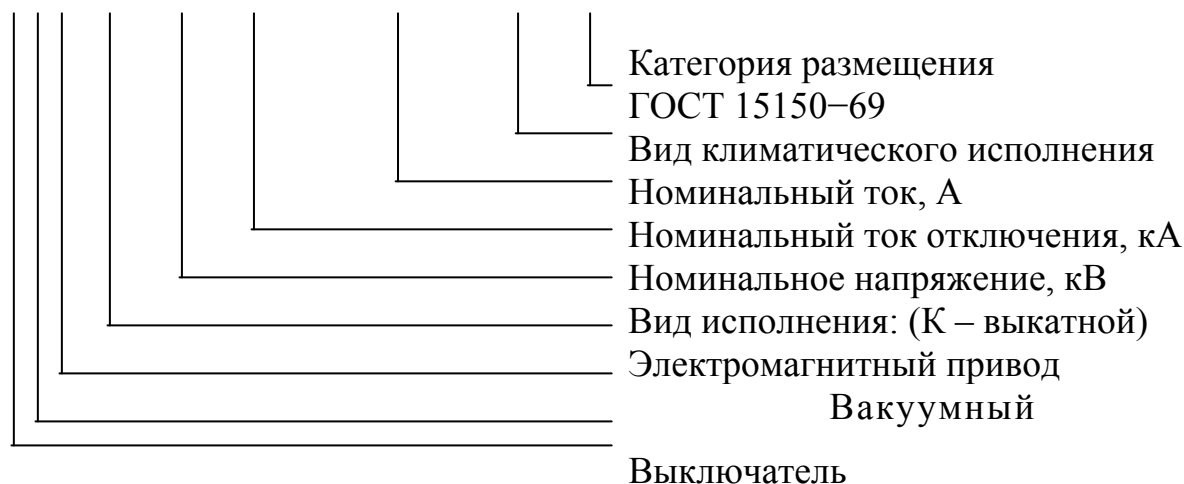
Основные технические данные

Параметры	Значения
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5
Номинальный ток, А	630, 1250, 1600
Номинальный ток отключения, кА	25 (31,5)
Сквозной ток короткого замыкания: - ток электродинамической стойкости, кА - ток термической стойкости, кА - время протекания тока термической стойкости, с	63 (80) 25 (31,5) 3
Полное время включения, мс, не более	150
Полное время отключения, мс, не более	80
Электрическое сопротивление постоянному току главной цепи полюса, мкОм, не более	60 (50)
Ход подвижного контакта полюса, мм	16,5±0,5
Электромагнитный привод: ▪ Токи потребления электромагнита включения при номинальном напряжении - 220 В постоянного тока, А, не более - 110 В постоянного тока, А, не более ▪ Токи потребления электромагнита отключения при номинальном напряжении - 220 В постоянного тока, А, не более - 110 В постоянного тока, А, не более	100 200 2,5 5
Масса выключателей должна быть не более, кг	500

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

Структура условного обозначения выключателя

В Б Э К-5-25(31,5)/630–600 УХЛ 2



Пример записи обозначения выключателя в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБЭК-35-25/1600 УХЛ 2 КУЮЖ. 674153.004 ТУ— условное обозначение вакуумного выключателя выкатного исполнения на номинальный ток 1600 А, номинальный ток отключения 25 кА, номинальное напряжение 35 кВ.

Устройство и принцип действия выключателя

Принцип работы выключателя основан на гашении в вакууме электрической дуги, возникающей при размыкании контактов. Гашение электрической дуги обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой КДВ2-35-25/1600 УХЛ2 ИМПБ. 686485.009 ТУ или КДВ3-35-31,5/1600 УХЛ2 МИБД.686485.036 ТУ.

Выключатель состоит из трех полюсов. Они собраны на раме выкатного элемента. На раме укреплен шкаф с электромагнитным приводом постоянного тока ПЭМУ-500. Выкатной элемент имеет механизм блокировки, связанный с выключателем.

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВАКУУМНЫЙ ВБЭС-35Ш-25(31,5)/630–1600 УХЛ1
(НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели вакуумные типа ВБЭС-35Ш-25(31,5)/630–1600 УХЛ1 с электромагнитным приводом, с усиленной изоляцией, наружной установки предназначены для работы в электрических сетях на открытых частях станций, подстанций, для тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, в распределительных устройствах в сетях трёхфазного переменного тока. Предназначены для замены маломасляных выключателей ВМУЭ-35Ш-25/1250 УХЛ1, ВМК-35-20/1000 У1 и масляных баковых выключателей МКП-35-20/1000 У1, С-35М-630 10У1, ВТ-35-12,5/630 У1. Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 687–78, ГОСТ 18397–86 и КУЮЖ.674153.003 ТУ.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВ2-35-25/1600 УХЛ2 по ИМПБ.686485.009 ТУ или КДВ3-35-31,5/1600 УХЛ2 по МИБД.686485.036 ТУ.

Таблица П.21

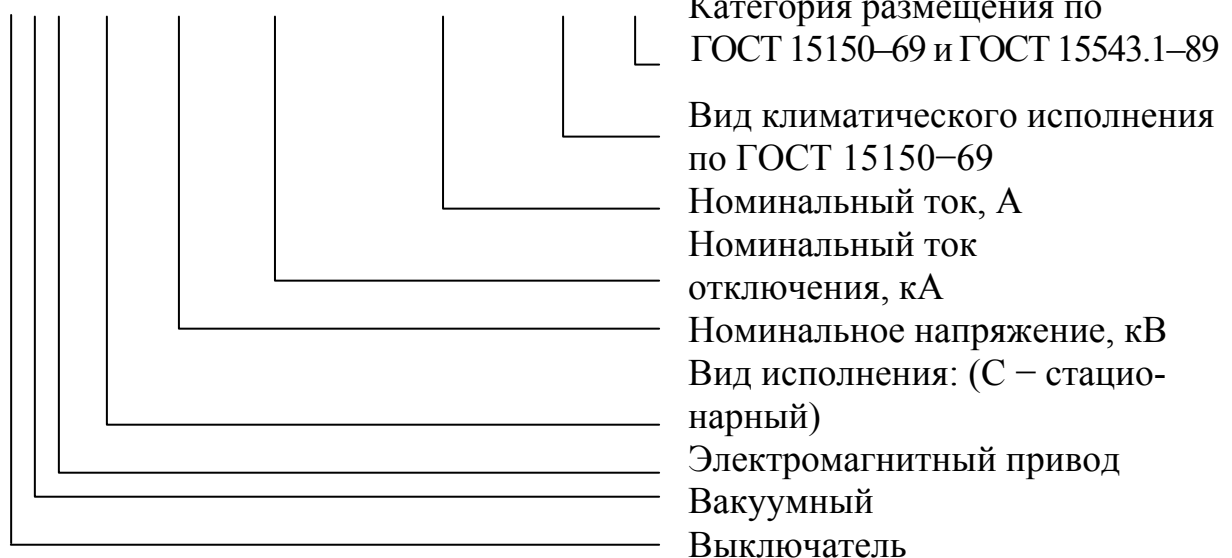
Основные технические данные

Параметры 1	Значения 2
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5
Номинальный ток, А	630; 1600
Номинальный ток отключения, кА	25; 31,5
Номинальное напряжение включающих и отключающих устройств и элементов вспомогательных цепей (привода) постоянного тока, В	110; 220
Диапазон рабочих напряжений цепей питания и управления при номинальном напряжении 110 В: - при операции включения - при операции отключения	93,5–121 77–121
Диапазон рабочих напряжений цепей питания и управления при номинальном напряжении 220 В: - при операции включения - при операции отключения	187–242 154–242
Ток в цепях питания и управления при номинальном напряжении 110 В, не более, А: - при операции включения	200

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

Окончание таблицы П.21

- при операции отключения	5,0
Ток в цепях питания и управления при номинальном напряжении 220 В, не более, А:	
- при операции включения	100
- при операции отключения	2,5
Собственное время включения выключателей не более, мс	150
Собственное время отключения выключателей не более, мс	60
Полное время отключения не более, мс	80
Масса выключателя не более, кг	700

*Структура условного обозначения выключателя***В Б Э С-35-25 (31,5)/630–1600 УХЛ 1**

Пример записи обозначения выключателя в других документах и (или) при заказе: выключатель ВБЭС-35-25/1600 УХЛ1 КУЮЖ.674153.003 ТУ – условное обозначение вакуумного выключателя стационарного исполнения на номинальный ток 1600 А, номинальный ток отключения 25 кА, номинальное напряжение 35 кВ.

Устройство и принцип действия выключателя

Принцип работы выключателя основан на гашении в вакууме электрической дуги, возникающей при размыкании контактов. Гашение электрической дуги обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой КДВ2-35-25/1600 УХЛ2 ИМПБ. 686485.009 ТУ или КДВ3-35-31,5/1600 УХЛ2 МИБД.686485.036 ТУ.

Выключатель состоит из трёх полюсов. Они собраны на раме. На раме укреплен шкаф с электромагнитным приводом постоянного тока ПЭМУ-500.

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ЭЛЕГАЗОВЫЕ БАКОВЫЕ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ СЕРИИ ВГБ-35

(ОАО «Уралэлектротяжмаш», г. Екатеринбург, РФ)

Назначение и область применения

Предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах, а также для работы в стандартных циклах при АПВ в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц с номинальным напряжением 35 кВ. Выключатели могут работать в широком диапазоне климатических условий: от районов Крайнего Севера (нижнее рабочее значение температуры окружающей среды – минус 60 °С) до районов с тропическим климатом (верхнее рабочее значение температуры – плюс 55 °С).

Выключатель представляет собой комплексный аппарат, состоящий из выключателя, привода и шести вводов со встроенными трансформаторами тока. Сам выключатель состоит из металлического заземленного бака, внутри которого расположены неподвижные и подвижные контакты, а также дугогасительные устройства, основанные на принципе гашения электрической дуги путем ее вращения в магнитном поле.

Каждая фаза выключателя имеет 4 встроенных трансформатора тока – 2 защитных и 2 измерительных, рассчитанных на весь диапазон первичных номинальных токов (от 50 до 630 А). Переключение отводов для изменения коэффициента трансформации производится без разборки выключателя.

Выключатели выпускаются в двух исполнениях:

– выключатель с электромагнитным приводом постоянного тока (типовое обозначение ВГБЭ-35-12,5/630 УХЛ1). По заказу привод этого выключателя снабжается встроенным выпрямителем для питания включающего электромагнита от сети переменного тока, при этом обеспечивается включение на токи короткого замыкания вплоть до 12,5 кА, в том числе и при зависимом питании без индуктивных накопителей энергии;

– выключатель с электромагнитным приводом переменного тока (типовое обозначение ВГБЭП-35-12,5/630 УХЛ1). В этом приводе сочетаются качества, присущие как электромагнитному приводу постоянного тока (простота и надежность), так и пружинному приводу (автономность). Он имеет блок расцепителей (реле прямого действия), аналогичных расцепителям пружинного привода типа ПП-67: два токовых расцепителя на 5 А (либо 3 А) и один расцепитель независимого питания на 220 В (либо 110 В) переменного или постоянного тока. Привод снабжен встроенными выпрямителями для питания включающего, отключающего электромагнитов и катушки контактора.

Выключатель снабжен электроконтактным сигнализатором давления элегаза с температурной компенсацией, автоматически приводящей его показания к температуре +20 °С. Сигнализатор обеспечивает визуальный контроль за уровнем элегаза в выключателе и имеет две уставки:

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

на предупредительный сигнал при понижении давления до 0,33 МПа и на отключение выключателя при падении давления ниже 0,3 МПа.

Таблица П.22

Основные технические характеристики

Параметры	Значения
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5
Номинальный ток, А	630
Номинальный ток отключения, кА	12,5
Номинальное относительное содержание апериодической составляющей, не более, %	32
Ток термической стойкости, кА	12,5
Сквозной ток короткого замыкания (наибольший пик), кА	32
Собственное время отключения, с	0,04
Полное время отключения, с	0,065
Собственное время включения, с	около 0,1
Длина пути утечки внешней изоляции, см	105
Ток потребления включающего электромагнита при $U_n = 220$ В, А	до 40
Номинальное избыточное давление элегаза (давление заполнения) при $t = 20$ °С, МПа	0,45
Минимальное рабочее избыточное давление при $t = 20$ °С, МПа	0,30
Необходимость подпитки элегазом через, лет	15
Масса, кг:	
- выключателя	650
- элегаза	4
Механический ресурс, циклов В-О	5000
Коммутационный ресурс, операций О:	
- элегаза при номинальном токе	2000
- элегаза при токах свыше 60% до 100% номинального тока отключения	33
- элегаза при токах свыше 30% до 60% номинального тока отключения	70

Условное обозначение выключателя ВГБЭП-35-12,5/630 УХЛ1

В – выключатель;

Г – элегазовый;

Б – баковый;

Э – с электромагнитным приводом постоянного тока (буква П отсутствует);

П – с электромагнитным приводом переменного тока;

12,5 – номинальный ток отключения, кА;

630 – номинальный ток;

УХ – климатическое исполнение;

1 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

Таблица П.23

Основные технические характеристики вакуумных выключателей «ЭЛКО» на номинальное напряжение 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц

Параметры	ВВТЭ-М-10	ВБПС-10	ВБПВ-10	ВВЭ-М-10	ВБЧ-СП-10
1. Номинальный ток, А	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600
2. Номинальный ток отключения, кА	12,5; 20; 31,5	12,5; 20; 31,5	20; 31,5	20; 31,5	20; 31,5
3. Полное время отключения, с	0,04	0,055	0,055	0,04	0,04
4. Собственное время включения, с	0,1	0,06	0,06	0,1	0,1
5. Коммутационная износостойкость: - при ном. токе, циклы «В-тп-О» - при ном. токе откл., циклы «ВО»	20 кА–50 000 31,5 кА–30 000 50	25000 50	25000 50	20 кА–50 000 31,5 кА–30 000 50	20 кА–30 000 31,5 кА–30 000 50
6. Срок службы до списания, лет	25	25	25	25	25
7. Габариты (высота-ширина-длина), мм	640×247×390	650×560×390	828×613×593	828×613×593	960×564×516
8. Масса, кг	77–80	78	74–97	91–96	104
9. Тип провода, номинальное напряжение цепей питания привода / ток потребления включающего электромагнита	Электромагнитный 50 Гц 220 В/60 А пост.110 В/100 А пост.220 В/60 А	Пружинотомоторный 50 Гц 220 В/2,5 А 50 Гц 127 В/8 А пост.110 В/5 А пост.220 В/2,5 А	Пружинотомоторный 50 Гц 220 В/2,5 А 50 Гц 127 В/8 А пост.110 В/5 А пост.220 В/2,5 А	Электромагнитный пост.110 В/100 А пост.220 В/60 А	Электромагнитный 50 Гц 220 В/60 А
10. Применяемость	Предназначены для установки в ячейки КРУЭ-6П, 2КВЭ-6М, КРУП-6П, а также для замены маломасляных выключателей в любых типах распределительных устройств		Предназначены для установки в КРУ типа К-104, КМ-1Ф, К-49. Выключатели по своим присоединит. размерам и схемам управления взаимозаменяемы с выключателями типа ВК-10 и ВКЭ-10		Предназначены для установки в КРУ типа КРУЭ-ПП-10-6-630ХЛ1
11. Исполнение	Стационарное		Выкатной элемент		Выкатной

ПРИЛОЖЕНИЕ 24

Таблица П.24

Основные технические характеристики вакуумных выключателей «ЭНЕКО» на номинальное напряжение 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц

Параметры	ВБЧЭ-10	ВБЧЭ-10
1. Номинальное напряжение, кВ	10	10
2. Номинальный ток, А	630, 1000, 1600	630, 1000, 1600, 2500, 3150
3. Номинальный ток, кА	20	31,5
4. Полное время откл., с	0,05	0,05
5. Собственное время вкл., с	0,2	0,2
6. Масса, кг	85–110	185, 230
7. Тип привода, номинальное напряжение цепей питания привода / ток потребления включающего электромагнита	Электромагнитный 50 Гц 220 В пост. 110 В пост. 220 В	Электромагнитный 50 Гц 220 В пост. 110 В пост. 220 В
8. Применяемость	Для КРУ типа КЭ 10–20, а также для замены маломасляных в любых типах распределительных устройств	В стационарном исполнении: для замены маломасляных типа ВМПЭ, ВМГ-133 в любых типах РУ. В выкатном исполнении устанавливаются в КРУ типа К-104, К-59, КМ-1Ф, взаимозаменяемы с выключателями ВК-10, КЭ-10

ПРИЛОЖЕНИЕ 25

Таблица П.25

Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL «Таврида электрик» (РФ)

Параметры	ВВ/TEL- -10-20/630	ВВ/TEL-10- 20/1000	ВВ/TEL- -10-20/1600
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10
Номинальный ток, А	630	1000	1600
Номинальный ток отключения, кА	12,5; 20	12,5; 20	20
Время отключения собственное, мс, не более	15	15	15
Время включения собственное, мс, не более	70	70	70
Ресурс по коммутационной стойкости, операции В-О:			
- при номинальном токе	50 000	50 000	30 000
- при номинальном токе отключения	100	100	50
Ресурс по механической стойкости, операций В-О	50 000	50 000	30 000
Стойкость к механическим воздействиям, гр. по ГОСТ 17516.1-90	М6, М7	М6, М7	М6, М7
Межполюсное расстояние, мм	200, 250	200, 250	200, 250
Масса, кг	32	35,5	60
Срок службы без ремонта, лет	25	25	25

ПРИЛОЖЕНИЕ 26

Таблица П.26

Технические данные выключателей типов
ВМПП-10 (Т) и ВМПЭ-10 (Т) (ТУ 16-520.023-76)

Параметры	Значение
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток для умеренного климата, А	630; 1000; 1600
Номинальный ток отключения, кА	20; 31,5
Номинальный ток включения, кА: - действующее значение периодической составляющей - амплитудное значение	20; 31,5 52; 80
Предельный сквозной ток, кА: - начальное действующее значение периодической составляющей - амплитудное значение	20; 31,5 52; 80
Минимальная бестоковая пауза в цикле АПВ, с	0,5
Собственное время отключения выключателя с приводом, с, не более	0,1
Время отключения выключателя с приводом (до погасания дуги), с, не более	0,12

ПРИЛОЖЕНИЕ 27

Таблица П.27

Технические данные масляных выключателей на напряжение 10 кВ (ГОСТ 687–70)

Тип	Номинальное на- пряжение, кВ	Номинальный ток, А	Предельный сквозной ток, кА		Ток термической стой- кости, кА при			Номинальная мощность от- ключения, МВ·А, при на- пряжении, кВ		Номинальный отключения, к при напряжен	
			дейст- вующее значение	амплитуд- ное	1 с	5 с	10 с	6	10	6	10
ВМП-10-600/350	10	600	30	52	30	20	14	200	350	19,3	20
ВМП-10-1000/350	10	1000	30	52	30	20	14	200	350	19,3	20
ВМП-10К-600/350	10	600	30	52	30	20	14	200	300	19,3	20
ВМП-10К-1000/350	10	1000	30	52	30	20	14	200	300	19,3	20
ВМГ-10-630/20	10	630	20	52	30	20	20	-	350	-	20
ВМГ-10-1000/20	10	1000	20	52	30	20	20	-	350	-	20
ВМП-10П-600/350	3;6; 10	600	30	52	30	20	14	200	350	20	20
ВМП-10П-1000/300	3; 6; 10	1000	30	52	30	20	14	200	350	20	20
ВММ-10-200/150	10	200	-	22	-	10	-	-	150	-	8,
ВММ-10-400/150	10	400	-	22	-	10	-	-	150	-	8,

ПРИЛОЖЕНИЕ 28

Таблица П.28

Технические данные выключателей типа С-35-М-630-10У1 с приводом типа ШПЭ-11Б (ГОСТ 687–70, ТУ 16-520.129–73)

Показатель	Значение
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5
Номинальный ток, А	630
Предельный сквозной ток, кА: - действующее значение - амплитудное значение	10 26
Номинальный ток включения, кА: - действующее значение - амплитудное значение	10 26
Предельный ток термической стойкости при 5 с, кА	10
Ток отключения, кА	10
Мощность отключения, МВ·А	700
Масса, кг: - выключателя без привода с вводами класса А - выключателя без привода с вводами класса Б - масла (в поставку не входит)	800 877 230
Установившийся ток обмоток электромагнитов (при температуре окружающей среды от +10 до +20 °С), А - включения при 110 В - включения при 220 В - отключения при 110 В - отключения при 220 В	202 101 5 2,5
Масса привода, кг	130
Время включения выключателя с приводом при номинальном напряжении, с	0,3±0,04
Собственное время отключения выключателя (с приводом при номинальном напряжении до расхождения контактов), с	0,05
Максимальная бестоковая пауза в цикле АПВ при номинальном напряжении, с, не более	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 29

Таблица П. 29

Технические данные выключателей типов ВТ-35 и ВТД-35 с приводом типа
ШПЭ-11 (ТУ 16-520.165–75)

Показатель	Значение
Номинальное напряжение, кВ	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5
Номинальный ток, А	630
Предельный сквозной ток, кА: - действующее значение - амплитудное значение	10 26
Ток термической стойкости для промежутка времени 4 с, кА	10
Ток отключения, кА	10
Мощность отключения, МВ·А	700
Масса, кг: - выключателя без привода - масла (в поставку не входит)	750 300
Установившийся ток обмоток электромагнитов (при температуре окружающей среды +20 °С), А: - включения при 110 В - включения при 220 В - отключения при 110 В - отключения при 220 В	116 58 2,5 1,25
Масса привода, кг	125
Время включения выключателя с приводом при номинальном напряжении, с	0,35
Собственное время отключения выключателя с приводом, с	0,06
Число операций тока отключения без ревизии	10
Высота выключателя категории А, мм	1940
Высота выключателя категории Б, мм	2028
Расстояние между изоляторами ввода одной фазы (в верхней части), мм: - высота выключателя категории А, мм - высота выключателя категории Б, мм	672 702

ПРИЛОЖЕНИЕ 30

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ ВАКУУМНЫЕ ТИПА ВНБ 10/630-16 УХЛ2

(НПП «Контакт» г. Саратов, РФ)

Назначение и область применения

Выключатели нагрузки вакуумные типа ВНБ-10/630-16 УХЛ2 предназначены для работы в электрических сетях с изолированной нейтралью, а по требованию заказчика, с заземлённой нейтралью, а также для частых коммутационных операций трёхфазного переменного тока класса напряжения

10 кВ с частотой 50 Гц. Вакуумные выключатели нагрузки разработаны с целью замены автогазовых выключателей нагрузки.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 17717–79 и техническим условиям КУЮЖ.674212.001 ТУ.

В выключателях применена камера дугогасительная вакуумная КДВА2-10-16/1000 УХЛ2.

Таблица П.30

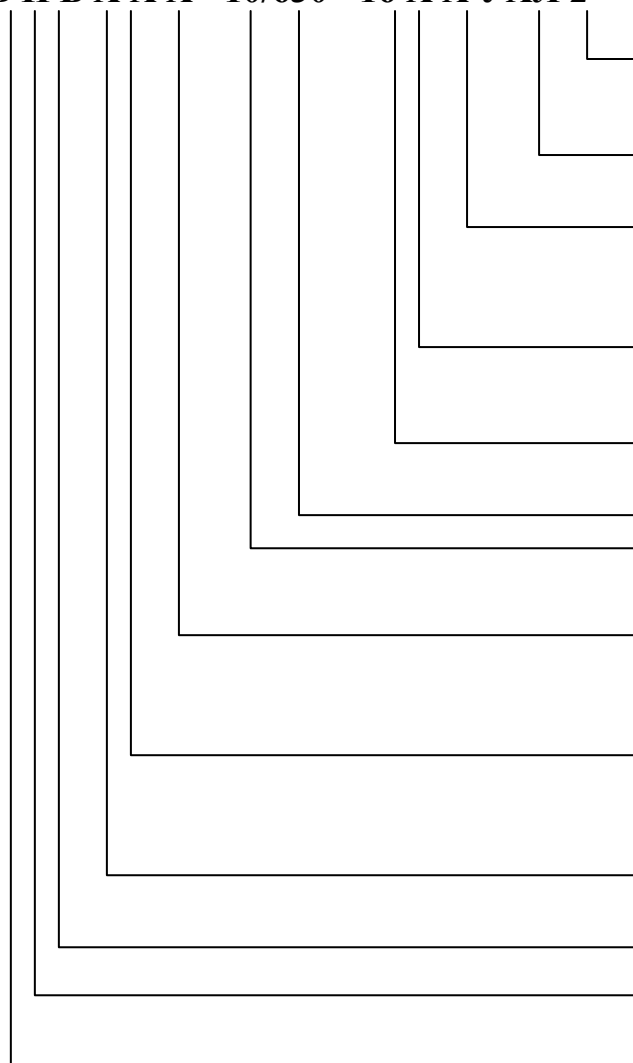
Основные технические данные

Параметры	Значение
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630
Номинальная периодическая составляющая тока короткого замыкания, кА	16
Собственное время включения, мс, не более	150
Собственное время отключения, мс, не более	40
Токи потребления силового электромагнита включения:	
- при номинальном напряжении – 220 В, не более	35 А
- при номинальном напряжении – 110 В, не более	70 А
- при номинальном напряжении ~ 220 В, не более	35 А
Токи потребления электромагнитов включения/отключения:	
- при номинальном напряжении – 220 В, не более	1,5 А
- при номинальном напряжении – 110 В, не более	3,0 А
- при номинальном напряжении ~ 220 В, не более	2,0 А
Электрическое сопротивление постоянному току главной цепи полюса, мкОм, не более	50
Ход подвижного контакта полюса, мм	6 ⁺²
Масса выключателей должна быть не более, кг	70

ПРИЛОЖЕНИЕ 30

Структура условного обозначения выключателя

В Н Б Х Х Х - 10/630 - 16 Х Х УХЛ 2



- Категория размещения по ГОСТ 15150–69
- Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150–69
- Наличие дистанционного управления (буква «Д»)
- Наличие дополнительного электромагнитного привода (буква «Э»)
- Номинальная периодическая составляющая сквозного тока, кА
- Номинальный ток, А
- Номинальное напряжение, кВ
- Напряжение питания электромагнитного привода, В

- Род тока питания привода (знак «-» или «~»)
- Условное обозначение конструктивного исполнения (С – стационарный, К – выкатной)
- Вакуумный
- Нагрузки
- Выключатель

Пример записи обозначения выключателя в других документах и (или) при заказе: выключатель ВНК~220-10/630-16ЭД УХЛ 2 КУЮЖ.674212.001 ТУ– условное обозначение выключателя нагрузки вакуумного, выкатного исполнения, на переменное напряжение питания привода 220 В, с номинальным напряжением 10 кВ, на номинальный ток 630 А, с номинальной периодической составляющей сквозного тока короткого замыкания 16 кА, с дополнительным электромагнитным приводом и с дистанционным управлением операциями включения и отключения, климатического исполнения УХЛ категории размещения 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 30

Устройство и принцип действия выключателя

Выключатели нагрузки имеют следующие исполнения:

- а) стационарный вариант выключателя нагрузки под установочные размеры ячейки КРУ;
- б) выкатной вариант выключателя нагрузки на тележке под вкатывание в колею ячейки КРУ.

Выключатели нагрузки всех исполнений оснащены встроенным пружинным приводом косвенного действия с ручным взводом включающей пружины и ручным включением и отключением с помощью кнопок.

Выключатели нагрузки исполнений ВНБ~220-10/630-16Д УХЛ2 и ВНБ~220-10/630-16 ЭД УХЛ2, ВНБ-220-10/63 О-16Д УХЛ2 и ВНБ-220-10/630-16рД УХЛ2, ВНБ-110-10/630-16Д УХЛ2 и ВНБ-110-10/630-16ЭД УХЛ2 оснащены дополнительно:

- электромагнитами управления;
- силовым электромагнитом включения (исполнения «ЭД»);
- коммутирующими контактами для внешних вспомогательных цепей — пять замыкающих и пять размыкающих на напряжение 220 В и ток не более 2 А;
- электрической блокировкой от самопроизвольных операций включения или отключения в случае (если не поставлен на защёлку);
- электрической блокировкой против повторения операций включения и отключения, когда команда на включение продолжает оставаться поданной после автоматического отключения выключателя;
- электрической блокировкой от самопроизвольного повторного включения при включении на КЗ на время действия сигнала включения;
- механической блокировкой и связанной с ней электрической блокировкой от самопроизвольных операций включения при вкатывании и выкатывании тележки.

Тележка выключателей нагрузки выкатного исполнения имеет:

- устройство для фиксации выключателя нагрузки в крайних положениях;
- устройство блокировки против выкатывания и закатывания выключателя во включённом положении;
- защитный щит.

ПРИЛОЖЕНИЕ 31

Таблица П.31

Технические характеристики выключателей нагрузки ВН-11, ВНР-10

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Сила тока, кА		Ток электродинамической стойкости, кА	
		номинального	наибольшего при отключении	амплитудное значение	действующее значение
ВН-11У3	6	400	630	80	—
	10	200	400	80	—
ВНР-10/400-103У3	10	400	800	25	10
	10	400	800	25	10
ВН-16У3*	6	400	800	25	14,5
	10	200	400	25	14,5

* Снят с производства

ПРИЛОЖЕНИЕ 32

Таблица П.32

Техническая характеристика выключателей нагрузки ВНП-16 и ВНП-17 (ТУ 16-520.120-73)

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Тип предохранителя	Наибольший номинальный ток патрона, А	Действующее значение предельного тока отключения, кА	Фактическое максимальное значение предельного тока отключения, кА	Мощность включения (трёхфазная), МВ·А		Габариты (длина — ширина — высота), мм
							без учёта аperiodической составляющей	с учётом аperiodической составляющей	

ВНП-16 ВНП-17	6	400	ПК-6/30	30	20	6,7	200	300	930×880
			ПК-6/75	75		14			930×930
			ПК-6/150	150		30			930×930
			ВНП-16	10		200			ПК-10/30
ВНП-17	ПК-10/50	50	8,6		930×1020				
			ПК-10/100	100			15,5		

Примечание – номинальные токи вставок предохранителей 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150 А.

ПРИЛОЖЕНИЕ 33

Таблица П.33

Краткая техническая характеристика выключателей типов
ВН₃-16, ВНП₃-16, ВНП_{3П}-16, ВНП₃-17, ВНП_{3П}-17 (ТУ 16-520. 120–73)

Показатель	Значение		
	ВН ₃ -16	ВНП ₃ -16	ВНП _{3П} -

Номинальное напряжение, кВ	6, 10	10	10
Номинальный ток, А	400, 200	2–150	В завис
Номинальный ток отключения, А	–	200–300	200–3
Масса (без масла), кг	36	57–70	61–7
Тип привода	ПР-17, ПРА-17	ПР-17, ПРА-17	ПР-17 ПРА-1

ПРИЛОЖЕНИЕ 34

Таблица П.34
Техническая характеристика выключателя нагрузки типа ВН-16 (ТУ
16-520.120–73)

Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Предельный сквозной ток, кА		Десятисекундный ток термической стойкости, кА	Габариты (длина–высота–ширина), мм	Ма
		Амплитудное значение	Действующее значение			
6	400	30	17,3	6	930×400×608	3
10	200	30	17,3	6	930×400×608	3

ПРИЛОЖЕНИЕ 35

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ СЕРИИ

РВЗ-10/400, 630, 1000 МУХЛ2

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители серии РВЗ на номинальное напряжение 10 кВ и токи 400, 630 и 1000 А предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей.

Конструкция

По конструкции разъединители серии РВЗ вертикально-рубящего типа имеют трехполюсное исполнение на общей раме.

Разъединители состоят из цоколя (рамы), опорных изоляторов, контактной системы, тяговых изоляторов и заземлителей (при их наличии).

На раме разъединителя расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами.

При наличии заземлителей на цоколе ближайшего к приводу разъединителя устанавливается механическая блокировка, препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах и наоборот.

Заземлители состоят из стальных пластин, приваренных к валу, и закрепленных на них медных ламелей. При включении заземлителей ламели входят в контакт, выполненный в виде шины, закрепленной под неподвижным контактом.

Контактное давление в осевом и разъемном контактах осуществляется пружинами. Главные ножи и заземлители разъединителя управляются приводом ПР-ЗУЗ.

Таблица П.35

Технические характеристики

Параметры	РВЗ-10/400МУХЛ2	РВЗ-10/630МУХЛ2	РВЗ-10/1000МУХЛ2
1	2	3	4
Номинальное напряжение (соответствующее наибольшему рабочему напряжению), кВ	10 (12)	10 (12)	10 (12)
Номинальный ток, А	400	630	1000
Ток термической стойкости, кА	16	20	31,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 35

Окончание таблицы П.35

1	2	3	4
Ток электродинамической стойкости, кА	40	50	80
Время протекания тока термической стойкости:			
- для главных ножей, с	3	3	3
- для заземлителей, с	1	1	1
Масса, кг	36	38	70
Габаритные размеры, мм:			
- длина	660	660	900
- ширина	700	700	800
- высота	430	434	470

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
 В – внутренней установки;
 З – наличие заземлителей;
 1а, 1б, 2 – количество и расположение заземлителей;
 10 – номинальное напряжение, кВ;
 400, 630, 1000 – номинальный ток, А;
 М – модернизированный;
 УХЛ – климатическое исполнение;
 2 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 36

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ РРИ-10/400 УХЛЗ (ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители высоковольтные трехполюсные серии РРИ на напряжение 10 кВ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей (при их наличии), составляющих единое целое с разъединителями. Используются в камерах стационарных одностороннего обслуживания (КСО) серии 300, комплектных трансформаторных подстанциях (КТП) и комплектных распределительных устройствах (КРУ) на класс напряжения 6–10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для систем с изолированной нейтралью. Привод ПР-4УХЛЗ предназначен для ручного оперирования этими разъединителями.

Конструкция

Разъединитель выполнен в виде аппарата вертикально-поворотного (врубного) типа, состоящего из монолитной рамы с выступами, выполненной из конструкционного электроизоляционного материала, и токоведущей системы. На выступах рамы установлена главная контактная система, состоящая из неподвижных контактов и подвижных контактных ножей. Вращение подвижных контактных ножей при оперировании осуществляется рычажным валом посредством изоляционных тяг.

Таблица П.36

Классификация

Обозначения типоисполнения	Конструктивное исполнение
1	2
РРИ. 1б-1-10/400 УХЛЗ	Разъединители с заземлителем со стороны осевого контакта специального назначения (для установки в шинный мост камер КСО серии 300)
РРИ. 1а-10/400 УХЛЗ	Разъединители с заземлителем со стороны разъемного контакта

РРИ. 1а-1-10/400 УХЛЗ	Разъединители с заземлителем со стороны разъемного контакта специального назначения (для установки в шинный мост камер КСО серии 300)
РРИ-10/400 УХЛЗ	Разъединители без заземлителей

ПРИЛОЖЕНИЕ 36

Окончание таблицы П.36

1	2
РРИ.1а-10/400-ПЗ.20-100 УХЛЗ	Разъединители с заземлителем и предохранителем с заземлителем со стороны разъемного контакта
РРИ.1б-10/400-ПЗ.20-100 УХЛЗ	Разъединители с заземлителем и предохранителем с заземлителем со стороны осевого контакта
РРИ.1б-10/400-П.20-100 УХЛЗ	Разъединители с заземлителем и предохранителем со стороны осевого контакта

Таблица П.36 а

Технические данные

Параметры	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	400
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА	20
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости), кА	50
Время протекания предельного тока короткого замыкания, с: - главной цепи - цепи заземления	3 1
Номинальный ток предохранителя, А	20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
- Р – рубящего типа;
- И – рама выполнена из изоляционного материала;
- 1а, 1б, 2 – количество и расположение заземлителей;
- 10 – номинальное напряжение, кВ;

400 – номинальный ток, А;
УХЛ – климатическое исполнение;
3 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 37

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ КЛИНОВОГО ТИПА РКВЗ-10/2000УХЛ2 (ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей (при их наличии), составляющих единое целое с разъединителями.

Климатическое исполнение разъединителей У, категория размещения 3 по ГОСТ 15150–69.

Разъединители разработаны взамен разъединителей вертикального рубящего типа РВР и РВРЗ на напряжение 10 кВ, ток 2000 А.

Конструкция

В конструкции разъединителей использована полезная модель на клиновой контакт.

Применение клинового контакта позволило значительно снизить расход меди по сравнению с выпускаемыми разъединителями, снизить их массу, а также повысить надежность изделий и увеличить срок их службы путем устранения окисления контактов во включенном положении и снижения их переходных сопротивлений при повышении температуры. Это достигается за счет того, что во включенном положении разъединителей при нагревании контактов возникает дополнительная сила, прижимающая контактирующие поверхности друг к другу.

В разъединителях вместо фарфоровых опорных изоляторов применены литые полимерные изоляторы, а вместо тяговых фарфоровых изоляторов — прессованные изоляционные тяги. Это позволило повысить надежность разъединителей, так как в фарфоровых изоляторах во время эксплуатации часто были случаи нарушения армировки вставок.

Применение клинового контакта также позволило значительно снизить усилия при оперировании разъединителями.

При монтаже разъединителей исключены сварочные работы.

Повышена стойкость покрытий черных металлов за счет применения полимерного покрытия.

ПРИЛОЖЕНИЕ 37

Таблица П.37

Технические характеристики

Параметры	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	2000
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток, кА	31,5
Наибольший пик кратковременного выдерживаемого тока, кА	80
Номинальная частота тока, Гц	50–60

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
- К – клинового типа;
- В – внутренней установки;
- З – наличие заземлителей;
- 10 – номинальное напряжение, кВ;
- 2000 – номинальный ток, А;
- УХЛ – климатическое исполнение;
- 3 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 38

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ ТИПА РВРЗ-III-10/2000 МУЗ

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители РВРЗ-III-10/2000 МУЗ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей. Применяются во внутренних установках напряжением 10 кВ.

Конструкция

По конструкции разъединители вертикально-рубящего типа и имеют трехполюсное исполнение на общей раме.

Они состоят из цоколя (рамы), опорных изоляторов, контактной системы, тягового изолятора и заземлителей. На раме разъединителя расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами.

При наличии заземлителей в основании дополнительно устанавливаются один или два вала для управления ими, а также механическая блокировка, препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах и наоборот.

Изоляция разъединителя состоит из шести опорных и трех тяговых фарфоровых изоляторов.

Контактная система разъединителя состоит из неподвижных контактов и подвижных контактных ножей. Заземлители состоят из медной шины, закрепленной на стальных стойках, которые приварены к валу заземлителя.

При включении заземлителя шина входит в ламели, установленные на нижних полках неподвижных контактов.

Контактное давление в осевом и разъемном контактах главных ножей и ламельных контактах заземлителей осуществляется пружинами.

Таблица П.38

Технические данные

Параметры	Единицы	РВРЗ-III-10/2000 МУЗ
-----------	---------	----------------------

	измерения	
1	2	3
Номинальное напряжение	кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение	кВ	12
Номинальный ток	А	2000

ПРИЛОЖЕНИЕ 38

Окончание таблицы П.38

1	2	3
Ток электродинамической стойкости	кА	80
Ток термической стойкости:	кА	31,5
Время протекания тока термической стойкости: - для главных ножей - для заземлителей	с	3 1
Масса	кг	112
Габаритные размеры - длина - ширина - высота	мм	1100 830 535

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
- В – внутренней установки;
- Р – рубящего типа;
- З – наличие заземлителей;
- 2 – количество и расположение заземлителей;
- III – трехполюсное исполнение на общей раме;
- 10 – номинальное напряжение, кВ;
- 2000 – номинальный ток, А;
- М – модернизированный;
- У – климатическое исполнение;
- 3 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 39

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ ТИПА РВРЗ-10/4000 МУЗ

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования»,
г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители типа РВРЗ-10/4000 МУЗ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей. Применяются во внутренних установках напряжением 10 кВ.

Конструкция

По конструкции разъединители вертикально-рубящего типа. Состоят из цоколя, контактной системы и заземлителей. В цоколе расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами. При наличии заземлителей на цоколе ближайшего к приводу разъединителя устанавливается механическая блокировка, препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах и наоборот.

Контактная система разъединителя состоит из неподвижных контактов и подвижных контактных ножей.

Заземлители состоят из двух подвижных контактов с ламелями. Эти контакты при двух и трехполюсной установке устанавливаются на общей медной шине, закрепленной на стальных стойках, приваренных к валу. При включении заземлители входят ламелями на пластины, установленные на боковой поверхности неподвижных контактов. Изоляция разъединителя состоит из двух опорных изоляторов и тягового изолятора. Контактное давление в осевом и разъемном контактах осуществляется пружинами.

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
- В – внутренней установки;
- Р – рубящего типа;
- З – наличие заземлителя;
- 2 – количество и расположение заземлителей;

10 – номинальное напряжение, кВ;
4000 – номинальный ток, А;
М – модернизированный;
У – климатическое исполнение;
З – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 40

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ТИПОВ PP3-35/1000 УЗ, PP3-35/2000 УЗ

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования»,
г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители высоковольтные типов PP3-2-35/1000 УЗ, PP3-1-35/1000 УЗ, PP-35/1000 УЗ, PP3-2-35/2000 УЗ, PP3-1-35/2000 УЗ, PP-35/2000 УЗ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей.

Конструкция

По конструкции разъединители вертикально-рубящего типа и имеют трехполюсное исполнение на общей раме.

Разъединители состоят из цоколя (рамы), опорных изоляторов, контактной системы, изоляционных тяг и заземлителей. На раме разъединителя расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами.

При наличии заземлителей в основании дополнительно устанавливаются один или два вала для управления ими, а также механическая блокировка, препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах и наоборот.

Контактная система разъединителя состоит из неподвижных контактов и подвижных контактных ножей.

Неподвижные контакты представляют собой медные скобы, которые крепятся на опорных изоляторах.

Для подводящих шин, расположенных плашмя, предусмотрены переходные контакты, устанавливаемые на неподвижных контактах. Переходные контакты поставляются по заказу. Контактные ножи выполнены из медных шин, установлены на ребро и параллельны друг другу; один конец соединен с неподвижным контактом, образуя осевой контакт, другой конец – разъемный контакт. Заземлители разъединителя состоят из вала с приваренными пластинами, к которым крепятся ламели. При включении заземлителей ламели заходят на боковые поверхности контакта. Контактное давление в осевом и

разъемных контактах главных ножей и ламельных контактах заземлителей осуществляется пружинами.

ПРИЛОЖЕНИЕ 40

Таблица П.40

Технические данные

Параметры	Тип	
	PP3-35/1000 УЗ	PP3-35/2000 УЗ
Номинальное напряжение, кВ	35	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	40,5
Номинальный ток, А	1000	2000
Ток электродинамической стойкости, кА	80	100
Ток термической стойкости, кА	31,5	40
Время протекания тока термической стойкости, с:		
- для главных ножей	3	3
- для заземлителей	1	1
Масса, кг	100	137
Габаритные размеры, мм:		
- длина	1160	1160
- ширина	1300	1350
- высота	1300	1350

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
- Р – рубящего типа;
- З – индекс, обозначающий наличие заземлителей;
- 1, 2 – количество и расположение заземлителей;
- 35 – номинальное напряжение, кВ;
- Х – номинальный ток (1000, 2000), А;
- У – климатическое исполнение;
- 3 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 41

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ РВО-10/400, 630, 1000 МУХЛ2

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители серии РВО на номинальное напряжение 10 кВ, токи 400, 630 и 1000 А предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением.

Конструкция

По конструкции однополюсные разъединители серии РВО вертикально рубящего типа. Разъединитель состоит из цоколя, опорных изоляторов и контактной системы. Цоколь служит основанием для установки изоляторов и крепления разъединителя к опоре. На нем расположен болт заземления. Контактная система состоит из двух неподвижных контактов и подвижных контактных ножей. Во включенном положении контактные ножи разъединителей с номинальным током 1000 А запираются зацепом и удерживаются магнитными замками.

Магнитный замок состоит из стальных пластин и пружин, расположенных снаружи медных контактных пластин ножа. Пружины, стремясь разжаться, создают необходимое контактное давление.

У разъединителей на токи 400 и 630 А в конструкцию магнитного замка входит скоба. Скоба магнитного замка и зацеп имеют ушко, в которое при включении и отключении разъединителя заводится палец изолированной штанги.

Управление разъединителем осуществляется при помощи ручной изолированной штанги.

Таблица П.41

Технические данные

Параметры	РВО-10/400 МУХЛ2	РВО-10/630 МУХЛ2	РВО-10/1000 МУХЛ2
1	2	3	4
Номинальное напряжение (соответствующее наибольшее напряжение), кВ	10(12)	10(12)	10(12)
Номинальный ток, А	400	630	1000

Ток термической стойкости, кА	16	20	31,5
Время протекания тока термической стойкости, с	3	3	3

ПРИЛОЖЕНИЕ 41

Окончание таблицы П.41

1	2	3	4
Масса, кг	6,6	7,5	14
Габаритные размеры, мм:			
- длина	468	468	484
- ширина	97	97	128
- высота	443	447	440

Условное обозначение

- Р – разъединитель;
- В – внутренней установки;
- О – однофазный;
- 10 – номинальное напряжение, кВ;
- 400, 630, 1000 – номинальный ток, А;
- М – модернизированный;
- УХЛ – климатическое исполнение;
- 2 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 42

РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ РЛК-10.IV/400 УХЛ1

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение разъединителя

Разъединитель предназначен для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящейся под напряжением, заземления отключенных участков при помощи заземлителей (при их наличии), составляющих единое целое с разъединителем, а также отключения токов холостого хода трансформаторов и зарядных токов воздушных и кабельных линий.

Преимущества разъединителя РЛК-10.IV/400 УХЛ1 по сравнению с серийно выпускаемым разъединителем РЛНД-10

1. Разъединитель качающегося типа.
2. Рама повышенной жесткости.
3. Изоляция выполнена с использованием полимерной изоляции с оболочкой из кремнийорганической резины. Изоляция позволяет установку разъединителя в районах с загрязненностью атмосферы IV степени (удельная проводимость слоя загрязнения не менее 30 мкСм).
4. Основания подвижных колонок выполнены в виде пары: ось из нержавеющей стали – втулка из полиамида, что не требует смазки в процессе всего срока эксплуатации – 30 лет.
5. Жесткая связь между подвижными колонками всех полюсов (3-х или 2-х) для управления главными ножами, а также между заземлителями.
6. Все стальные части разъединителя, в том числе и крепеж, имеют стойкое антикоррозийное покрытие горячим и термодиффузионным цинком на весь срок службы.
7. На каждом полюсе разъединителя установлены дополнительные неподвижные изоляторы со стороны подвода питающей линии, что не требует в период монтажа устанавливать дополнительные изоляторы и изготавливать кронштейны для них, как это было при установке РЛНД-10. Таким образом, крепление подводящих проводов с обеих сторон производится к контактным выводам, установленным на неподвижных изоляторах, что исключает схлестывание проводов и их излом, как это наблюдалось при работе РЛНД-10.
8. Токоведущая часть главного контура выполнена из меди с покрытием гальваническим оловом, что исключает окисление контактов в разъемном контакте и неподвижных соединениях. Токоведущая часть между контактом,

установленным на подвижном изоляторе, и дополнительным неподвижным изолятором (со стороны подвода питания) выполнена в виде набора

ПРИЛОЖЕНИЕ 42

эластичных медных лент, покрытых гальваническим оловом. Это обеспечивает надежный контакт без окисления в неподвижном контактном соединении, а также отсутствие излома при оперировании разъединителем при количестве более 10 000 циклов «вкл – откл».

9. Контактное давление в разъемном контакте токоведущего контура обеспечивается с помощью пластинчатых пружин, выполненных из пружинной стали с покрытием термодиффузионным цинком, что обеспечивает стабильность контактного давления на весь срок службы без регулировок.

10. Разъемный контакт заземлителя выполнен в виде пальцев, изготовленных из бериллиевой бронзы с покрытием олова. Контактное давление обеспечивается за счет упругих свойств материала пальцев, что обеспечивает стабильное контактное давление на весь период эксплуатации без регулировок.

11. Вращение заземлителя происходит также в поворотных основаниях, выполненных в виде пары: ось из нержавеющей стали – полиамидная втулка.

12. Управление разъединителем производится приводом с вертикальным движением рукояток, при этом в рабочем состоянии разъединителя рукоятки управления находятся под кожухом, закрываемым на замок.

13. Связь между разъединителем и приводом выполнена из стальной трубы, покрытой горячим цинком с установленными на обоих концах шарнирными вилками с вкладышем, залитым в полиамиде, что не требует смазки на весь период эксплуатации.

14. Контактные части разъемных контактов, как главного, так и заземляющего контура защищены кожухами, что обеспечивает работоспособность разъединителя при толщине корки льда до 20 мм.

15. Включение, как главных ножей, так и заземлителей, производится в контакты, установленные на неподвижных изоляторах, до упора.

16. В разъединителе отсутствуют люфты при управлении приводом ввиду отсутствия промежуточных кинематических звеньев.

17. Вращение валов управления происходит во втулках из полиамида, что также не требует смазки на весь срок службы.

18. Разъединитель можно устанавливать на опоре, как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости.

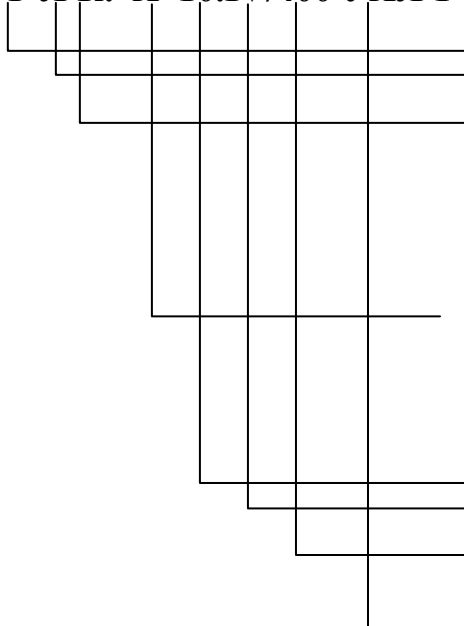
19. В комплект поставки входят кронштейны для установки разъединителей на опоре, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, а также соединительные тяги и кронштейны для крепления привода к опоре (по желанию заказчика).

ПРИЛОЖЕНИЕ 42

Условное обозначение:

разъединителя:

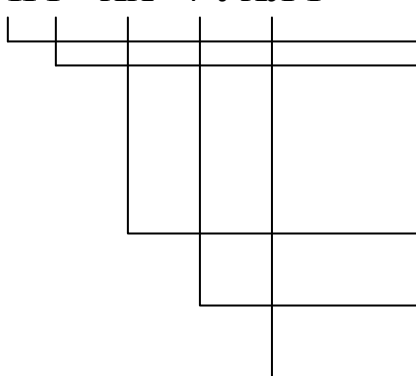
Р Л К. X 10.IV/400 УХЛ 1



разъединитель;
 линейный;
 качающегося типа;
 исполнение разъединителя по наличию и расположению заземлителей:
 1а – заземлитель со стороны неподвижного контакта;
 2б – заземлитель со стороны подвижного контакта;
 2 – заземлители с двух сторон.
 номинальное напряжение, кВ
 степень загрязнения атмосферы IV
 Номинальный ток
 Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69

привода:

П Р - XX - 7 УХЛ 1



привод;
 ручной;
 конструктивное исполнение по количеству валов:
 00 – один вал;
 01 – два вала;
 02 – три вала;
 модификация;
 климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69

Таблица П.42

Типоисполнения

Обозначение типоисполнения разъединителя	Конструктивное исполнение	Типоисполнение применяемого привода
1	2	3

РЛК.2-10.IV/400 УХЛ1	Разъединитель с заземлителями с обеих сторон	ПР-02-7 УХЛ1
РЛК.1б-10.IV/400 УХЛ1	Разъединитель с заземлителем со стороны подвижного контакта	ПР-01-7 УХЛ1

ПРИЛОЖЕНИЕ 42

Окончание таблицы П.42

1	2	3
РЛК.1а-10.IV/400 УХЛ1	Разъединитель с заземлителем со стороны неподвижного контакта	ПР-01-7 УХЛ1
РЛК-10.IV/400 УХЛ1	Разъединитель без заземлителей	ПР-00-7 УХЛ1

Таблица П.42 а

Технические характеристики

Параметры	Норма
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	400
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости), кА	25
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА	10
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока, с:	
- для главных ножей	3
- для заземлителей	1
Номинальная частота, Гц	50

ПРИЛОЖЕНИЕ 43

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ СЕРИИ РГ

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Разъединители предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрических цепей, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей. Разъединители также используют для отключения токов холостого хода трансформаторов и зарядных токов воздушных и кабельных линий.

Таблица П.43

Основные технические характеристики

Технические характеристики	Обозначение разъединителей					
	РГ-35/1000 УХЛП РГ-В-35/1000 УХЛ2	РГ-35-III/1000 УХЛП РГ-В-35-II/1000УХЛ2	РГП-35/1000УХЛП РГП-В-35-/1000УХЛ2	РГ-35/2000 УХЛП РГ-В-35/2000 УХЛ2	РГ-35-II/2000 УХЛП РГ-В-35-II/2000УХЛ2	РГП-35/2000 УХЛП РГП-В-35-/2000УХЛ2
1	2		3			
Номинальное напряжение, кВ	35					
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5					
Номинальный ток, А	1000		2000			
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости), кА	40		80			
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА	16		31,5			
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока, с: - для контактного ножа - для заземлителей	3 1					
Номинальная частота, Гц	50					

Испытательное кратковременное (одно-минутное) напряжение промышленной частоты, кВ:

- относительно земли и между полюсами 95
- между разомкнутыми контактами 120

ПРИЛОЖЕНИЕ 43

Окончание таблицы П.43

1	2	3
Тип привода для управления контактным ножом	Ручной ПРГ-5УХЛ1 или электродвигательный ПДГ-9УХЛ1	
Тип привода для управления заземлителями	Ручной ПРГ-5УХЛ1	

Таблица П.43 а

Основные технические характеристики

Технические характеристики	Обозначение разъединителей							
	РГ-110/1000 УХЛ1	РГ-110.П/1000 УХЛ1	РГ-К-110/1000 УХЛ1	РГ-К-110.П/1000 УХЛ1	РГП-110/1000 УХЛ1	РГП-К-110/1000 УХЛ1	РГ-110/2000 УХЛ1	РГ-110.П/2000 УХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	110							
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	126							
Номинальный ток, А	1000				2000			
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости), кА	80				100			
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА	31,5				40			
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока, с:								
- для контактных ножей	3							
- для заземлителей	1							
Номинальная частота, Гц	50, 60							
Испытательное кратковременное (одноминутное) напряжение промышленной частоты, кВ:								
– относительно земли и между полюсами	230							
– между разомкнутыми контактами	265							

Тип привода для управления контактными ножами	Ручной ПРГ-6УХЛ1 или электродвигательный ПДГ-9УХЛ1
Тип привода для управления заземлителями	Ручной ПРГ-6УХЛ1 или электродвигательный ПДГ 9УХЛ1

ПРИЛОЖЕНИЕ 43

Таблица П.43 б

Основные технические характеристики

Технические характеристики	Обозначение разъединителей															
	РГН-110/1000 УХЛ1	РГН-110.П/1000 УХЛ1	РГН-К-110/1000 УХЛ1	РГН-К-110.П/1000 УХЛ1	РГН-СК-110/1000 УХЛ1	РГН-СК-110.П/1000 УХЛ1	РГН-В-110/1000 УХЛ1	РГН-В-110.П/1000 УХЛ1	РГНП-110/1000 УХЛ1	РГНП-К-110/1000 УХЛ1	РГНП-СК-110/1000 УХЛ1	РГН-110/2000 УХЛ1	РГН-110.П/2000 УХЛ1	РГН-СК-110/2000 УХЛ1	РГН-СК-110.П/2000 УХЛ1	РГНП-110/2000 УХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	110															
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	126															
Номинальный ток, А	1000							2000								
Наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости), кА	80							100								
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА	31,5							40								
Время протекания номинального кратковременного выдерживаемого тока, с: - для контактных ножей - для заземлителей	3							1								
Номинальная частота, Гц	50,60															

Испытательное кратковременное (одноминутное) напряжение промышленной частоты, кВ: - относительно земли и между полюсами - между разомкнутыми контактами	230
	265
Тип привода для управления контактным ножом	Ручной ПРГ-УХЛ1 или электродвигательный ПДГ-УХЛ1
Тип привода для управления заземлителями	Ручной ПРГ-УХЛ1 или электродвигательный ПДГ-9УХЛ1

ПРИЛОЖЕНИЕ 43

Конструкция

Разъединители представляют собой двухколонковые аппараты с поворотом контактных ножей в горизонтальной плоскости и состоят из главной токоведущей системы, опорно-поворотной изоляции, несущей рамы и заземлителей. Контактные ножи разъединителей на номинальные напряжения 35 и 110 кВ выполнены из медных шин, ножи разъединителей на номинальное напряжение 220 кВ – из медных труб, к которым закреплены ламели из бронзового сплава и контакты типа «кулачок». Выводные контакты выполнены с переходными контактными роликами и герметично закрыты. Это обеспечивает стабильное контактное нажатие в течение всего срока службы и небольшие усилия оперирования на рукоятке ручного привода. Контактные поверхности разъемного и выводного контактов покрыты серебром.

Изоляторы разъединителей выполнены из высокопрочного фарфора.

Несущая рама состоит из двух швеллеров с установленными на них поворотными основаниями. Изоляторы разъединителя РГ-35 установлены на усиленное основание, позволяющее не проводить дополнительных регулировок колонок после приложения к контактному выводу нагрузки (тяжения) до 500 Н.

Основания разъединителей РГ-110 и РГ-220 закреплены к швеллерам на шпильках с возможностью регулировки наклона основания.

Заземлители выполнены из алюминиевых труб, к которым закреплены ламели из бронзового сплава, которые при включении врубаются в пластинчатые контакты на контактных ножах. Контур заземления замыкается через гибкий проводник, соединяющий вал заземлителей и цоколь ведущего или ведомого полюсов.

Управление разъединителями и заземлителями на напряжения 110 и 220 кВ осуществляется приводами: двигательными ПДГ-9УХЛ1 или ручными ПРГ-6УХЛ1. Управление главными контактными ножами разъединителей 35 кВ может осуществляться как приводами ПДГ-9УХЛ1, так и ручными приводами ПРГ-1. Управление заземлителями разъединителей на 35 кВ осу-

ществляется приводом ПРГ-5УХЛ1. Привода устанавливаются на поставляемый в комплекте с разъединителями кронштейн.

Приводы ПДГ-9УХЛ1, ПРГ-6УХЛ1 и ПРГ-5УХЛ1 комплектуются переключающими устройствами типа ПУ на базе герконов взамен коммутирующих устройств типа КСА и модернизированной электромагнитной блокировкой типа ЗБ-1М с ключом электромагнитным КЭЗ-1М и ключом КМ-1 для аварийного деблокирования.

Поверхности разъема крепления заземлителей и шарнирной передачи «разъединитель-привод» разъединителя РГ-35 имеют рифление, что позволяет легко проводить монтаж и регулировку разъединителя без применения сварочных работ. Наличие шарнирной передачи и механической блокировки

ПРИЛОЖЕНИЕ 43

ножей позволяет размещать блоки привода несоосно с валами рычагов разъединителя при отклонении оси передачи от вертикали на угол до 30°.

Разъединители типа РГ-В-35/1000 УХЛ2, РГ-В-УХЛ2, РГН-В110/1000 УХЛ1 и РГН-В-110.П/1000 УХЛ1 предназначены для установки на вертикальной плоскости. Разъединители типа РГ-В-35 поставляются в трехполюсном исполнении.

Остальные разъединители поставляются для монтажа однополюсной, двухполюсной или трехполюсной установок на горизонтальной плоскости.

По требованию заказчика поставка разъединителя РГ-35 может осуществляться полностью смонтированным комплексом на металлоконструкции.

Преимущества

Разъединители серии РГ по сравнению с выпускаемыми до настоящего времени разъединителями серии РДЗ имеют следующие преимущества:

1. Изоляция разъединителей РГ-110 и РГ-220 выдерживает более высокое испытательное напряжение грозового импульса относительно земли и между полюсами, поэтому они могут эксплуатироваться и в высокогорных районах.

2. Контакты контактных ножей и заземлителей выполнены с использованием контактных стержней из бронзового сплава, что позволило отказаться от пружин, и не требует регулировок контактного нажатия в эксплуатации в течение всего срока службы.

3. Выводные контакты скользящего типа (вместо гибких связей) с вращением на закрытых шарикоподшипниках качения с заложеной в них долговременной смазкой на весь срок службы и с герметичным уплотнением подшипников и контактов.

4. В основаниях поворотных колонок установлены закрытые шарикоподшипники с заложеной в них долговременной смазкой и не требующие дополнительной смазки в течение всего срока службы.

5. Шарниры тяг и валов имеют полимерные вкладыши с низким коэф-

фициентом трения и поэтому не требуют обслуживания.

6. Отсутствие межколонковой тяги в разъединителе РГ-35.

7. Увеличена жесткость цоколя.

8. Предусмотрена возможность бесступенчатой регулировки наклона поворотных оснований с изоляторами для установки захода контактных ножей в разъемном контакте.

9. Малые моменты на рукоятках приводов при оперировании (в 1,5–2 раза меньше, чем в РДЗ) и стабильные в течение всего срока службы.

10. Разъединители работоспособны при гололеде до 20 мм, тогда как разъединители серии РДЗ допускают оперирование при толщине корки до 10 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 43

11. Все части разъединителей имеют стойкие антикоррозионные покрытия горячим и термодиффузионным цинком.

Контактная система изготовлена из меди с покрытием серебром и оловом.

Условное обозначение

Условное обозначение разъединителей РГ на напряжения 110 и 220 кВ:

РГНП. X₁ X₂ - X₃ - X₄. X₅/ X₆ УХЛХ₇

Условное обозначение разъединителей РГ на напряжение 35 кВ:

- горизонтальная установка – РГХ₁X₂ - X₄ X₅/ X₆УХЛ X₇
 . РГП X₁X₂ - X₄/X₆УХЛХ₇
- вертикальная установка – РГ-В. X₁ X₂ - X₄ - X₅/ X₆УХЛ X₇
 РГП-В. X₁ X₂ - X₄ / X₆УХЛ X₇

Структура условного обозначения

Р – разъединитель;

Г – горизонтально-поворотного типа;

Н – нормальный уровень изоляции по ГОСТ 1516.3–96 (в обозначении разъединителей на напряжения 110 и 220 кВ с полным грозовым импульсом 550 и 1050 кВ соответственно индекс отсутствует);

П – с полимерной изоляцией, соответствующей IV СЗА по ГОСТ 28856–90 (в исполнении с фарфоровой изоляцией индекс отсутствует);

X₁ – количество заземлителей (1 или 2);

X₂ – расположение заземлителей (а – со стороны контактного ножа с ламелями, б – со стороны контактного ножа с «кулачком»);

X₃ – для килевой или ступенчато-килевой (только для разъединителей на напряжение 110 кВ) или вертикальной (только для разъединителей на напряжения 35 и 110 кВ) установки (К или СК или В);

- X₄ – номинальное напряжение (35 или 110 или 220), кВ;
- X₅ – исполнение фарфоровой изоляции II по ГОСТ 9920–89 (индекс в исполнении I отсутствует);
- X₆ – номинальный ток (1000 или 2000), А;
- УХЛ – климатическое исполнение по ГОСТ 15150–69;
- X₇ – категория размещения по ГОСТ 15150–69 (2 – для разъединителей РГ-В-35 вертикальной установки, 1 – для всех остальных типов разъединителей).

ПРИЛОЖЕНИЕ 44

Таблица П.44

Технические характеристики ранее выпускаемых разъединителей

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА / время прохождения, с	Тип привода
Разъединители наружной установки					
РЛНД-10/400	10	0,4	10	6/10	ПРН-10М
РНД-35/1000У	35	1	63	25/4	ПР-У1
РНД-110/1000У	110	1	80	31,5/3	ПР-У1
Разъединители внутренней установки					
РВЗ-10/400	10	0,4	41	16/4	ПР-10, ПР-11
РВФЗ-10/630	10	0,63	52	20/4	ПР-10, ПР-11
РВФ-10/400	10	0,4	41	16/4	ПР-10, ПР-11

ПРИЛОЖЕНИЕ 45

Таблица П.45

Основные характеристики разъединителей наружной установки
(ТУ 16-520.102–72)

Тип	Предельный ток термической стойкости, кА	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Масса, кг	Тип привода
РНД(3)-35/1000 У1	25	64	90	ПР-У1, ПВ-20У2
РНД(3)-35Б/1000 У1	25	64	90	ПРН-110В
РНД(3)-35У/1000 У1	25	64	170	П-20У2, ПРН-110В
РНД(3)-35/1000 ХЛ1	25	64	90	ПР-ХЛ1
РНД(3)-110/1000 У1	31,5	80	231	ПР-У1, ПНД-1У1
РНД(3)-110Б/1000 У1	31,5	80	231	ПРН-110В, ПВ-20У2
РНД(3)-110У/1000 У1	31,5	80	420	ПР-У1, ПНД-1У1
РНД(3)-110/1000 ХЛ1	31,5	80	231	ПР-ХЛ1, ПР-1ХЛ1

Примечание – При указании типоразмеров разъединителя после индекса 3 (без скобки) проставляются цифры 1 или 2 по количеству заземляющих ножей и буквы «а» или «б» соответственно для заземляющих ножей с ламелями или без них, например, РНДЗ-16-36/630.

**Отделители наружной установки с размещением каждого полюса
на отдельной раме (ТУ 16-521.091–75Е, ТУ 16-521.020–68)**

Тип	Полное время ¹ отключения, с	Предельный ток термической стойкости, кА	Амплитуда сквозного тока, кА	Масса, кг	Тип привода
ОД(З)-35/630У1	0,45	12,5	80	76	ПР-1У1, ПР-У1 (з.н.)
ОД(З)-110М/630У1	0,4 (0,5)	22,5	80	202	ПРО-1У1, ПР-У1 (з.н.)
ОД-110У/1000У1	0,4 (0,5)	31,5	80	453	ПРО-1У1

¹Время отключения отделителей приведено без учета влияния гололеда.

Примечания

1. В скобках указано полное время отключения (от подачи команды на привод до полного отключения) для отделителей ОД(З)-110М/630 У1 при гололеде с толщиной стенки 10 мм, для ОД-110/1000 У1 – 15 мм.

2. При указании типоразмера отделителя при наличии заземляющих ножей после индекса З (без скобок) проставляются цифры 1 или 2 по количеству заземляющих ножей и буквы «а» или «б» соответственно для заземляющих ножей с ламелями или без них, например, ОДЗ-1а-35/630 У1.

3. В обозначении типа привода з.н. – заземляющий нож.

ПРИЛОЖЕНИЕ 47

Таблица П.47

**Короткозамыкатели наружной установки в однополюсном исполнении
(ТУ 16-521.099–75)**

Тип	Номинальное	Предельный ток	Полное	Масса	Тип
-----	-------------	----------------	--------	-------	-----

	напряжение, кВ	термической стойкости, кА	время ¹ включения, с, не более	полюса, кг	комплектующего привода
КРН-35У1	35	10	0,16	41,2	ПРК-1У1
КЗ-110У1	110	20	0,14	180	ПРК-1У1
КЗ-110УУ1	110	12,5	0,18	210	ПРК-1У1

¹ Время отключения отделителей приведено без учёта влияния гололёда.

Примечание — Трансформаторы тока типа ТШЛ-0,5 (ТШЛ-0,5Т) комплектно поставляются с КРН-35У1 (КЗ-35Т1) – один на два полюса, с КЗ-110Т1 – три на один полюс. В скобках указано полное время включения (от подачи команды на привод до касания контактов) при гололёде с толщиной стенки 10 мм для КРН-35У1, для остальных – при гололёде 20 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 48

Таблица П.48

Заземлители в однополюсном исполнении (ТУ 16-521.089–75Е)

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Предельный ток трёхсекундной термической стойкости, кА	Масса, кг	Тип комплектующего привода
ЗОН-110М-ПУ1	110	6,3	87	ПРН-11У1
ЗОН-110И-ПУ1	110	6,3	58	ПРН-11У1
ЗОН-110У-ПУ1	110	6,3	131	ПРН-11У1
ЗОН-110У-ПУ1	110	6,3	102	ПРН-11У1

ПРИЛОЖЕНИЕ 49

Таблица П.49

Технические данные привода типа ПРН-10 (ГОСТ 690–69)

Тип привода	Число цепей вспомогательных контактов, шт.	Масса, кг	Габариты (длина – высота – ширина), мм
ПРН-10	4–10	10	160×410×215

ПРИЛОЖЕНИЕ 50

ПРИВОДЫ РУЧНЫЕ ПР-ЗУЗ, ПЧ-50МУЗ К РАЗЪЕДИНИТЕЛЯМ И ЗАЕМЛИТЕЛЯМ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Приводы ручные предназначены для управления главными и заземляющими ножами разъединителей, а также заземлителей внутренней установки.

Конструкция

Приводы серии ПР-ЗУЗ

Приводы состоят из четырехзвенника, снабженного съемной рукояткой ручного оперирования, выходного рычага и замка электромагнитной блокировки.

Конструкция привода предусматривает присоединение к нему устройств коммутирующих КСАМ или переключающих устройств ПУ на базе герконов, а также установку висячего замка.

Приводы серии ПЧ-50МУЗ

Приводы состоят из червячного редуктора, рычага указателя положения разъединителя, рычага с блок-замком электромагнитной блокировки и съемной рукоятки управления.

Конструкция привода предусматривает присоединение к нему устройств коммутирующих КСАМ или переключающих устройств ПУ на базе герконов, а также установку висячего замка.

Таблица П.50
Технические данные

Параметры	Тип	
	ПР-ЗУЗ	ПЧ-50МУЗ
Максимальный момент на валу, Нм	180	750
Угол поворота, град:		
- выходного вала	-	180
- выходного рычага	90	-
Напряжение питания цепей блокировки, В	220	220
Тип блокировки	ЭМ	ЭМ
Масса, кг	3,45	10

ЭМ – электромагнитная блокировка.

ПРИЛОЖЕНИЕ 50

Условное обозначение

ПР-3У3

П – привод;

Р – ручной;

3 – модификация;

У – климатическое исполнение;

3 – категория размещения.

ПЧ-50МУ3

П – привод;

Ч – червячный;

50 – модификация;

М – модернизированный;

У – климатическое исполнение;

3 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 51

ПРИВОД РУЧНОЙ ПР-4 УХЛЗ, К РАЗЪЕДИНИТЕЛЯМ И ЗАЗЕМЛИТЕЛЯМ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ (ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Привод ПР-4 УХЛЗ – ручной, рычажного типа, выполнен в виде единого механизма, обеспечивающего управление разъединителем и заземлителем (при его наличии). Управление осуществляется съемной рукояткой. Направление движения рукоятки «снизу – вверх». Привод устанавливается на любой плоскости.

В приводе имеется механическая блокировка, не позволяющая при включенном главном ноже разъединителя произвести включение заземлителей и при включенных заземлителях - включить главный нож разъединителя. Кроме того, привод имеет оперативную замковую механическую блокировку системы Гинодмана (МБГ), которая исключает включение и отключение разъединителей под нагрузкой.

Таблица П.51

Технические характеристики

Параметры	Тип
	ПР-4-УХЛЗ
Номинальный крутящийся момент, Нм	120±10
Угол поворота рычага, град	75±5
Масса, кг	9

Условное обозначение

П – привод;
Р – ручной;
4 – модификация;
УХЛ – климатическое исполнение;
3 – категория размещения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 52

ДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПА ПДГ-9УХЛ1 («Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Предназначен для оперирования контактными ножами и заземлителями разъединителей новой серии РГ на номинальные напряжения 35, 110 и 220 кВ, а также группой из двух трехполюсных разъединителей без заземлителей. Он может быть использован также для других изделий с соответствующими параметрами.

Таблица П.52

Технические данные

Параметры	Значение
Номинальный крутящийся момент, Нм	400
Угол поворота выходного вала, град	90; 190
Мощность электродвигателя, кВт	0,18
Мощность обогревательных устройств, Вт:	
▪ Блока исполнительного:	
- с автоматическим обогревом	60
- с постоянным обогревом	10
▪ Блока управления:	
- с автоматическим обогревом	60
- с постоянным обогревом	25
Время электродвигательного оперирования, с	
- с углом поворота 90°	8
- с углом поворота 190°	16
Напряжение питания, В	
- электродвигателя	трехфазное 380
- цепей местного управления	однофазное 220
- цепей дистанционного управления	постоянное 220
- цепей блокировки	постоянное 220
Степень защиты от пыли и дождя по ГОСТ 14254–96	IP63
Группа механического исполнения в части воздействия механических факторов внешней среды по ГОСТ 17516.1–90	М6
Масса блока управления, кг	47
Масса блока исполнительного, кг	40

ПРИЛОЖЕНИЕ 52

Конструкция привода

Привод состоит из блоков: исполнительных блоков и блока управления. Связь между блоками осуществляется электрическим кабелем при монтаже на месте эксплуатации.

Блок управления представляет собой шкаф, в котором размещены электрические аппараты управления, защиты и сигнализации. На дне шкафа установлен электрический обогреватель и размещены кабельные вводы. Дверь шкафа установлена на шарнирах, имеет встроенный внутренний замок и закрывается специальным ключом через отверстие в ручке двери.

Исполнительный блок состоит из мотора-редуктора, блока коммутации, выполненного на переключающих устройствах типа ПУ, зубчатой конической передачи для ручного оперирования (при наладочных работах и аварийных ситуациях) при помощи съемной рукоятки, обогревательного устройства, установленного в корпусе блока. Передача движения от выходного вала мотора-редуктора на коммутирующее устройство, осуществляется с помощью «мальтийского» механизма. Все узлы исполнительного блока смонтированы в корпусе, который закрывается дверью на шарнирах. Дверь исполнительного блока имеет встроенные спецзамки, как и на блоке управления, которые закрываются тем же ключом, что и блок управления. Как и в блоке управления, доступ к отверстию специального замка может перекрываться дужкой навесного замка.

Преимущества приводов типа ПДГ-9УЛХ1

1. Управление приводом на включение и отключение разделено, что исключает ошибки персонала при оперировании.

2. Дистанционное управление имеет реле команды «включить» и «отключить».

3. Блок управления привода можно выносить на любое расстояние из зоны оперирования.

4. При наличии заземлителей управление осуществляется с одного блока управления, а также предусмотрена электрическая блокировка от ошибочных операций.

5. В шкафах блоков установлены автоматические обогреватели, включение и отключение которых происходит автоматически в зависимости от температуры окружающего воздуха.

6. Для исключения конденсации влаги дополнительно установлены постоянные подогреватели мощностью: 25 Вт в блоке управления, 10 Вт в исполнительном блоке.

7. Исполнительный блок выполнен на базе планетарного мотора-редуктора, что позволило значительно снизить массу и габариты привода,

ПРИЛОЖЕНИЕ 52

снизить трудоемкость обслуживания (не требуется замена смазки в редукторе в течение всего срока службы).

8. Коммутирующие устройства вспомогательных цепей выполнены на базе герконов, позволяющих повысить надежность и долговечность коммутирующих устройств.

9. По заказу привод может быть выполнен на постоянном токе напряжением 220 В.

10. Конструкция привода позволяет проводить монтаж разъединителя без сварки.

Условное обозначение

В структуре условного обозначения привода ПДГ-9-ХХУХЛ1 принято:

П – привод;

Д – двигательный;

Г – коммутирующие устройства типа ПУ на базе герконов;

9 – модификация;

ХХ-00-09 – условное обозначение типоразмера в зависимости от количества блоков исполнительных и типа блока управления;

УХЛ1 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69.

ПРИЛОЖЕНИЕ 53

РУЧНОЙ ПРИВОД ТИПА ПРГ-6УХЛ1
(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Предназначен для оперирования контактными ножами и заземлителями разъединителей новой серии РГ на номинальные напряжения 110 и 220 кВ.

Таблица П.53

Технические данные

Параметры	Значение
Угол поворота выходного вала, град	190
Номинальный крутящий момент на выходном валу, Нм	400
Тип блокировки	Электромагнитная на базе замка ЗБ-1МУХЛ1
Напряжение питания цепей блокировки, В	Постоянный ток 220
Степень защиты от пыли и дождя по ГОСТ 14254–96	IP63
Масса, кг	12,6

Конструкция

Привод состоит из корпуса, выходного вала, механизма фиксации с приводным рычагом, коммутирующего устройства типа ПУ, электромагнитной блокировки на базе блока-замка ЗБ-1МУХЛ1, кабельных вводов.

Доступ к внутренним механизмам привода (при монтаже и наладке) осуществляется после отпирания замка специальным ключом и опускания крышки корпуса вниз.

Для соединения с валом разъединителя или заземлителя на выходном

валу крепится муфта, к которой шарнирно крепится рукоятка оперирования. При оперировании она устанавливается в горизонтальное положение и фиксируется фиксатором, а по окончании оперирования устанавливается в вертикальном положении и может замыкаться висячим замком.

ПРИЛОЖЕНИЕ 53

Преимущества приводов типа ПРГ-6УХЛ1

1. Упрощение конструкций привода за счет исключения дополнительных передаточных звеньев от вала привода к валу ПУ, так как вал переключающего устройства расположен соосно с выходным валом привода.

2. Опоры выходного вала выполнены на подшипниках, не требующих смазки в течение всего срока эксплуатации.

3. Рукоятка привода является составной частью конструкции привода и выполнена откидной с возможностью замыкания навесным замком в крайних положениях привода.

4. Соединительная муфта позволяет выполнить соединения с разъединителем или заземлителем без сварочных операций.

5. Корпус привода выполнен литым из алюминиевого сплава.

Условное обозначение

В структуре условного обозначения привода ПРГ-6-ХХУХЛ1 принято:

П – привод;

Р – ручной;

Г – коммутирующие устройства типа ПУ на базе герконов;

6 – модификация;

ХХ – исполнение в зависимости от количества коммутируемых вспомогательных цепей ПУ;

00 – 16 цепей (для разъединителей);

01 – 8 цепей (для заземлителей);

УХЛ1 – климатическое исполнение и категория размещения по

ПРИЛОЖЕНИЕ 54

РУЧНОЙ ПРИВОД ТИПА ПРГ-5УХЛ1

(ЗАО «Завод электротехнического оборудования», г. Великие Луки, РФ)

Назначение и область применения

Предназначен для ручного оперирования контактными ножами или заземлителями разъединителей новой серии РГ на номинальное напряжение 35 кВ.

Таблица П.54

Основные технические данные

Параметры	Значение
Угол поворота выходного вала, град	90
Тип блокировки	ЗБ-1МУХЛ1
Номинальный крутящий момент на выходном валу, Нм	370
Наибольшее усилие, прилагаемое к рукоятке привода, Н	245
Номинальное напряжение цепей электромагнитной блокировки, В	220 постоянного тока
Длина, мм	180
Ширина, мм	250
Высота, мм	450
Масса ПРГ-00-5УХЛ1, кг	11,5
Масса ПРГ-01-5УХЛ1, кг	12

Конструкция

Привод состоит из корпуса, выходного вала, механизма блокировки на базе электромагнитного замка ЗБ-1МУХЛ1, механизма переключения, рукоятки оперирования и кабельных вводов.

Доступ к внутренним механизмам привода (при монтаже и наладке) осуществляется после отпирания замка специальным ключом и опускания крышки корпуса.

Для соединения с валом разъединителя или заземлителя на выходном валу крепится прижим, который позволяет осуществлять регулировку при включении-отключении разъединителя или заземлителя.

Рукоятка оперирования имеет возможность фиксирования осью в горизонтальном положении, а по окончании оперирования устанавливаться вертикально и запирается висячим замком.

ПРИЛОЖЕНИЕ 54

Преимущества приводов типа ПРГ-5УХЛ1

1. Упрощение конструкции привода за счет исключения дополнительных передаточных звеньев от вала привода к валу ПУ, так как вал переключающего устройства расположен соосно с выходным валом привода.

2. Опоры выходного вала выполнены на подшипниках, не требующих смазки в течение всего срока эксплуатации.

3. Рукоятка привода является составной частью конструкции привода и не требует удлинителя при оперировании. Она выполнена откидной с возможностью замыкания навесным замком в крайних положениях привода.

4. Прижимы позволяют выполнять соединение вала привода с валами контактных ножей и заземлителей через шарнирное соединение без сварочных операций.

5. Выходной вал привода выполнен удлиненным, имеет рифление, по которому рукоятка оперирования перемещается вверх-вниз. Это позволяет осуществлять монтаж приводов на близком расстоянии друг от друга.

6. Корпус и крышки отлиты из силуминового сплава.

Условное обозначение

П – привод;

Р – ручной;

Г – коммутирующие устройства типа ПУ на базе герконов;

ХХ – исполнение в зависимости от количества коммутируемых вспомогательных цепей ПУ;

00 – 8 цепей (для заземлителей);
 01 – 16 цепей (для разъединителей);
 5 – модификация;
 УХЛ1 – климатическое исполнение и категория размещения
 по ГОСТ 15150–69.

ПРИЛОЖЕНИЕ 55

Таблица П.55

Приводы ручные к разъединителям и заземлителям (ТУ 16-520.061–75Е)

Тип	Количество цепей вспомо- гательных контактов на		Тип блокировки	Масса, кг
	главном валу	заземляющем валу		
Приводы ручные (рычажные и червячные)				
ПРН-110У1	12	–	–	10
ПРН-110В	12	4	Электромагнитная	40
ПР-1ХЛ1	–	8	То же	71
ПРН-1У1	–	8	//	71
ПРЗУЗ	12	–	//	6,3
ПЧ-50УЗ	4, 12	–	//	25
ПЧН	12	–	//	25
ПР-3ТЗ	4, 12	–	//	6,28
ПЧ-50ТЗ	4, 12	–	//	25
ПР-Т1 (серия)	12	4	Электромагнитная или механическая	33
ПР-У1(серия)	12	4	То же	33
ПР-ХЛ1(серия)	12	4	Электромагнитная	33
Приводы ручные автоматические к отделителям и короткозамыкателям				
ПРО-1У1	16	–	Электромагнитная или механическая	80
ПРК-1У1	16	–	То же	80

ПРИЛОЖЕНИЕ 56

Таблица П.56

Приводы ручные к разъединителю наружной установки типа
ПР (ТУ 16-520.125–75)

Тип	Угол поворота главного вала привода, град.	Рабочее значение температуры, °С			Масса привода, кг
		верхнее	нижнее		
			нормальное	эпизодическое	
ПР-180ЛП-У1	180	+40	– 40	– 45	33
ПР-90ЛП-У1	92	+40	– 40	– 45	33
ПР-180Л-У1	180	+40	– 40	– 45	28
ПР-90Л-У1	92	+40	– 40	– 45	28
ПР-180П-У1	180	+40	– 40	– 45	33
ПР-90П-У1	92	+40	– 40	– 45	28
ПР-180-У1	180	+40	– 40	– 45	23
ПР-90-У1	92	+40	– 40	– 45	23
ПР-90ЛП-С-У1	92	+40	– 40	– 45	33
ПР-180ЛП-ХЛ1	180	+40	– 60	– 45	33
ПР-90ЛП-ХЛ1	92	+40	– 60	– 45	33
ПР-180Л-ХЛ1	180	+40	– 60	– 45	28
ПР-90Л-ХЛ1	92	+40	– 60	– 45	28
ПР-180П-ХЛ1	180	+40	– 60	– 45	28
ПР-90П-ХЛ1	92	+40	– 60	– 45	28
ПР-180-ХЛ1	180	+40	– 60	– 45	23
ПР-90-ХЛ1	92	+40	– 60	– 45	23

Примечания

1. Наибольшее усилие, приложенное к приводу при длине рукоятки 1,5 м, равно 25 кг.
2. Нормальная работа привода обеспечивается при высоте 1000 м над уровнем моря.

ПРИЛОЖЕНИЕ 58

Таблица П. 58

Технические данные и габариты стреляющих предохранителей
(ГОСТ 2213–70)

Показатель	Значение показателя для типа предохранителя	
	ПСН-10	ПСН-35
Номинальное напряжение, кВ	10	35
Номинальный ток предохранителя, А	100	100
Наименьший отключаемый ток, А	15	15
Наибольшая отключаемая мощность (трёхфазная симметричная), МВ·А	200	500
Номинальный ток плавких вставок, А	7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100	7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100
Наибольший допустимый износ дуго- гасящей трубки в верхней части (у корпуса), мм	27	27
Масса предохранителя с патроном, кг	23	84
Габариты предохранителя, мм:		
- длина	740	1010
- высота	475	708
- ширина	85	240
Расстояние между осями полюсов, мм, не менее	350	600
Расстояние от земли до нижнего края трубки, м, не менее	2	2
Размер ограждаемой площади под отдельным патроном, м×м, не менее	2×2	2×2

ПРИЛОЖЕНИЕ 59

Таблица П. 59

Технические данные и габариты предохранителей высокого напряжения типа ПКТ (ТУ 16.521.194–75)

Показатель	Значение показателя для типа предохранителя				
	ПКТ-10		ПКТ-20		ПКТ-35
Номинальное напряжение сети, кВ	3; 6	10	15	20	35
Наибольшая разрывная мощность (трёхфазная), МВ·А	не ограничена	1000	не ограничена	1000	1000
Наибольший отключаемый ток короткого замыкания, кА	не ограничен	50	не ограничен	30	17
Активное сопротивление патрона, Ом	45	45	100	100	144
Масса предохранителя без цоколя, кг	4,1	4,1	13	13	17,5
Габариты предохранителя, мм					
- длина	321	560			760
- высота	203	378			463
- ширина	82	180			130

ПРИЛОЖЕНИЕ 60

Таблица П. 60

Основные технические данные трансформаторов тока серии ТК и ТШ класса точности 0,5 (ТУ 16.517.422-75)

Тип трансформатора	Номинальный первичный ток, А	Номинальная мощность вторичной цепи, В·А	Номинальная вторичная нагрузка при $\cos \varphi = 0,8$, Ом	Пределы вторичной нагрузки, при которой гарантируется класс точности, Ом	10%-ная кратность (нижний предел), %	Масса кг
ТК	5-400	2,5	0,1	0,05-0,1	4-20	1,1
	600	2,5	0,1	0,05-0,1	8-20	1,4
	800,1000	2,5	0,1	0,05-0,1	10-20	2,0
ТШ-100	300, 400	2,5	0,1	0,05-0,1	4-20	0,9
	600	2,5	0,1	0,05-0,1	8-20	0,95
	800, 1000	2,5	0,1	0,05-0,1	10-20	1,4
ТК-15	5-400	3,75	0,15	0,01-0,15	4-20	1,1
	600	3,75	0,15	0,1-0,15	8-20	1,4
	800, 1000	3,75	0,15	0,1-0,15	10-20	2,0
ТШ-15	300, 400	3,75	0,15	0,01-0,15	4-20	0,9
	600	3,75	0,15	0,1-0,15	8-20	0,95
	800, 1000	3,75	0,15	0,1-0,15	10-20	1,4
ТК-20	5-400	5	0,2	0,15-0,2	4-20	1,1
	600	5	0,2	0,15-0,2	8-20	1,4
	800, 1000	5	0,2	0,15-0,2	10-20	2,0
ТШ-20	300, 400	5	0,2	0,15-0,2	4-20	0,9
	600	5	0,2	0,15-0,2	8-20	0,95
	800, 1000	5	0,2	0,15-0,2	10-20	1,4
ТК-40	5-400	10	0,4	0,15-0,4	4-20	1,35
	600	10	0,4	0,15-0,4	5-20	1,4
	800, 1000	10	0,4	0,15-0,4	6-20	2,0
ТШ-40	600	10	0,4	0,15-0,4	5-20	0,95
	800, 1000	10	0,4	0,15-0,4	6-20	1,4
ТК-120*	5-1000	30	1,2	0,13-1,2	2-20	2,0
ТШ-120*	800, 1000	30	1,2	0,13-1,2	2-20	1,4

* Класс точности трансформаторов равен 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 61

Таблица П. 61

Технические данные и масса трансформаторов тока типа ТПЛ-10,
ТПЛУ-10 и ТПОЛ-10 (ГОСТ 7746–68, ТУ 16.517.883–74
и ТУ 16.517.387–75)

Тип и вариант исполнения	Номинальный первичный ток	Односекундная термическая стойкость (кратность)	Динамическая стойкость (кратность)	Масса, кг
ТПЛ-10-Р	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200	90	250	10
	300	90	175	
	400	70	165	
ТПЛ-10-	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200	90	150	16
	300	90	175	
	400	70	165	
ТПЛ-10-Р/Р	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200	90	250	17
	300	90	175	
	400	70	165	
ТПЛУ-10-Р	10, 15, 20, 30,	120	250	11
ТПЛУ-10-0,5/Р	40, 50, 75			17
ТПЛУ-10-Р/Р	100			19

ТПОЛ-10-Р	600, 800	65	160	15
ТПОЛ-10-0,5/Р	600, 800	65	160	16
ТПОЛ-10-Р/Р	600, 800	65	160	17

ПРИЛОЖЕНИЕ 62

Таблица П. 62

Характеристика сердечников трансформаторов тока типа
ТПЛ-10, ТПЛУ-10 и ТПОЛ-10

Тип	Обозначение сердечника	Вторичные нагрузки, при которых обеспечивается класс точности						10 %-ная кратность, при номинальной нагрузке
		0,5		1		3		
		Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А	
ТПЛ-10	0,5	0,4	10	0,8	20	-	-	7
	Р	0,6	15	1,0	25	1,2	30	15
	0,5	0,4	10	0,8	20	-	-	17
	Р	0,6	15	1,0	25	1,2	30	21
	0,5	0,4	10	0,8	20	-	-	15
	Р	0,6	15	1,0	25	1,2	30	25
ТПЛУ-10 ТПОЛ-10 ($I_{НОМ} = 600 \text{ А}$) ТПОЛ-10 ($I_{НОМ} = 800 \text{ А}$)								

ПРИЛОЖЕНИЕ 63

Таблица П. 63

Технические характеристики и масса трансформаторов тока типа ТКЛН-10
(ГОСТ 7746–68, ТУ 16.517.639–72)

Тип и вариант исполнения	Номинальный первичный ток	термическая стойкость	Динамическая стойкость (кратность)	10%-ная кратность, при номинальной нагрузке	Номинальная вторичная нагрузка, Ом	Класс точности сердечника	Масса, кг
ТКЛН-10-0,5/Р	10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200	50	100	15	0,4	0,5	20
ТКЛН-10-Р/Р	10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200	50	100	15	0,6	0,3	20

ПРИЛОЖЕНИЕ 64

Таблица П. 64

Основные характеристики трансформаторов тока ТВТ-35 и ТВТ-110
(ТУ 16.517.595–76)

Номинальный ток, А		Вариант исполнения по номинальному первичному току, А	Номинальная вторичная на грузка, В·А, трансформаторов при классе точности		
первичный	вторичный		1	3	10
300	1 или 5	100	-	-	15
		150	-	-	15
		200	-	-	15
		300	-	-	30
600	1 или 5	200	-	-	15
		300	-	10	-
		400	-	20	-
		600	-	30	-
1000	1 или 5	400	-	20	-
		600	-	30	-
		750	-	75	-
		1000	30	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 65

Таблица П. 65

Технические данные трансформаторов тока типа
ТФН-35М (ТУ 16.517.646–76)

Тип	Номинальный первичный ток, А	Односекундная термическая стойкость (кратность)	Динами- ческая стойкость (кратность)	Номинальная вторичная нагрузка при классе точно- сти, Ом		10%-ная кратность при нагруз- ке, Ом	
				0,5	1	2	0,8
ТФН-35М	15-800	32,5	150	Сердечник 0,5			
				2	4	10	-
				Сердечник Д			
				0,8	4	-	35
ТФН-35М	1000	32,5	100	Сердечник 0,5			
				2	4	10	-
				Сердечник Д			
				0,8	4	-	35

ПРИЛОЖЕНИЕ 66

Таблица П. 66

Замена трансформаторов

Типы заменяемых трансформаторов	Замена ОАО «СЗТТ»
Трансформаторы тока	
ТК-20, ТК-40, Т-0.66, ТШ-0.66, ТК-120, ТШН-0,66 до 1500 А, ТКЛМ-0,5 ТЗ, ТР-0,66 УТ2, ТЛ 0,66 УТ3, ТКЛП 0,66 ХЛ2, ТМ-0,66 УЗ, ТШЛ 0,66 СУ2 до 1500 А	ТОП 0.66, ТШП 0.66
ТШН 0,66 2000/5–5000/5, ТШЛ 0,66 СУ2 на 2000 А и 3000 А	ТШЛ 0.66 2000/5-5000/5
ТДЗЛ	ТЗЛ1, ТЗЛМ-1, ТЗРЛ, ТЗЛЭ-125
ТПЛ-10, ТВК-10, ТЛК-10, ТЛМ-10, ТВЛМ-10, ТПЛМ-10, ТОЛ-10, ТВЛ-10	ТОЛ 10-1
ТПФ-10, ТПФМ-10, ТПОФ-10, ТПОФД-10	ТПОЛ-10
ТВЛМ-6	ТОЛК-6
ТПШЛ-10	ТЛШ-10
ТПОЛ-20	ТПЛ 20

ТФЗМ-35	ТОЛ 35
ТНП-4	ТЗЗ-4
Трансформаторы напряжения	
НОМ-6	НОЛ.08-6
НОМ-10	НОЛ.08-10
НТМК-6, НТМИ-6, НАМИ-6, НАМИТ-10(6)	3×ЗНОЛ.06-6
НТМК-10, НТМИ-10, НАМИ-10, НАМИТ-10	3×ЗНОЛ.06-10
ЗНОМ-15	ЗНОЛ.06-15
ЗНОМ-20	ЗНОЛ.06-20
ЗНОМ-24	ЗНОЛ.06-24
ЗНОМ-35	ЗНОЛ-35
Силовые трансформаторы	
ОМ-0.63/6, ОМ-1.25/6	ОЛ-1.25/6
ОМ-0.63/10, ОМ-1.25/10	ОЛ-1.25/10

ПРИЛОЖЕНИЕ 67

Таблица П. 67

Технические характеристики трансформаторов тока

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный первичный ток, А	Номинальная вторичная нагрузка, В·А, при классе точности					Кратность трехсекундного тока терм. устойчивости, кА	Номинальная предельная кратность	Кратность тока электродинамической устойчивости, кА
			0,2	0,5	1	3	10			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТНШ 0,66	0,66	15000 25000				50	50	2,2	2	
ТНШЛ 0,66	0,66	800 1000 1500–3000 4000–5000 8000–10000		20 20 20 20			20 20 20 20	25 25 25 75	7 10 11 12	
ТШЛ 0,66	0,66	2000 3000 4000 5000		15 15 15 15			15 15 15 15	60 40 40 40	8 8 8 8	
ТОП 0,66 ТШП 0,66	0,66	1–50 75–250 300–400 500–800 1000–2000	3	3 5	3 5		10 10 10			
ТВ 10-1	10	6000						85,5	3	
ТВ 10-V	10	100 200 300–600				20 30	20	25 25 25		

ПРИЛОЖЕНИЕ 67

Продолжение табл. П.67

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТВ 35-1	35	75, 100 150 200				20 20	20	10 10 10	5 9	
ТВ 35-V	35	600 750 1000 1500		10 30 30 30	30			40 40 40 40	16 20 26 26	
ТВ 110-1	110	75 100 150 200				20 20 10	10 30	20 20 20 20	- - - 22	
ТОЛ 10	10	50-600 800 1000 1500		10			15	2,45- 16 20 31,5 31,5	10	17-52 100 100 100
ТШЛ 10 ТШЛП 10 ТШЛПК 10 ТШЛК 10	10	2000-5000 1000-2000 1000-2000 2000-5000		20 20 20 20			30 30 30 30	35 35 35 35	25 25 25 25	
ТЛШ 10	10	1500 2000 3000 4000 5000	20 20 20 15 15	20 20 20 20 20			30 30 30 30 30	31,5 31,5 31,5 140 175	11 15,7 10,5 18 18	
ТПОЛ 10	10	20, 30 40, 100 150, 300 400		10	10		15	38 45	10 10	96 114
		50, 75, 80,20						40		102
		600, 800, 1000, 1500						32 27 27	16, 20 16 23	81,5 68,7 66,7
ТПЛ	10	5-300		10			15	60	13	265
10-М		400		10			15	45	13	200

ПРИЛОЖЕНИЕ 67

Продолжение табл. П.67

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТЛ 10	10	5-200		10			15	2,5-15	15	51
		300-1000		10			15	20-40	17-20	81
		1500		20			30	20-40	15	81
		2000, 3000		20			30	40	20, 15	128
ТПЛК 10	10	10-400		10			15	0,47- 18,9		2,97- 74,5
		600-800		10			15	28,3- 37,8		74,5- 94,5
		1000-1500		10			15	47,2; 70,8		118; 177
ТПЛ 35	35	300		20	20		20	16	13	69
		400		20	20		20	16	13	69
		600		20	20		20	24	18	103
		800; 1000		20	20		20	32; 40	24	120
		1500		20	20		20	52	26	120
ТЛК 35	35	200-1000		10	15			31,5	10	80
		1500,2000		15				50	10	125
		3000		15				100	10	250

Обозначения: Т – трансформатор тока; П – проходной; Ш – шинный; Н – для наружной установки; В – трансформаторы встроенные в аппараты; К – трансформатор, встроенный в КРУ. После буквенных обозначений цифра указывает класс напряжения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 68

Таблица П. 68

Технические данные трансформаторов напряжения
(ГОСТ 1983–67, ТУ 16.517.128–72, ТУ 16.517.125–72)

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение, В		Номинальная мощность, В·А, при классе точности			Максимальная мощность, В·А
	ВН	НН	0,5	1	3	
Сухие однофазные трансформаторы						
НОС-0,5	380	100	25	40	100	200
НОС-0,5	500	100	25	40	100	200
Сухие трансформаторы						
НТС-0,5	380	100	50	80	200	400
НТС-0,5	500	100	50	80	200	400

ПРИЛОЖЕНИЕ 69

Таблица П. 69

Технические данные трансформаторов напряжения
(ГОСТ 1983–67, ТУ 16.517.668–72)

Тип трансформатора напряжения	Номинальное напряжение, В		Номинальная мощность, В·А, при классе точности			Максимальная мощность, В·А
	ВН	НН	0,5	1	3	
Сухие однофазные трансформаторы						
НОС-3	3000	100	30	50	120	240
НОСК-6	6000	100	50	80	200	400
Масляные однофазные трансформаторы						
НОМ-3	3000	100	30	50	120	400
	6000	100	50	80	200	600
	10000	100	80	150	320	720
	15000	100	80	150	320	840
	35000	100	150	250	600	1200
НОМ-6	6000:√3	100:√3/100:3	50	80	200	400
	10000:√3	100:√3/100:3	80	150	320	640
	15000:√3	100:√3/100:3	80	150	320	640
НОМ-10	20000:√3	100:√3/100:3	80	150	320	640
	35000:√3	100:√3/100:3	150	250	600	1200
НОМ-15	11000:√3	100:√3/100:3	-	500	1000	2000
	11000:√3	100:√3/100:3	-	500	1000	2000
НОМ-35 ЗНОМ-15						

ЗНОМ-15 ЗНОМ-15 ЗНОМ-20 ЗНОМ-35-54 НКФ-110-57 НКФ-110-58						
Масляные трансформаторы						
НТМИ-3	3000	100/100:3	50	80	200	400
НТМИ-6	6000	100/100:3	80	150	320	640
НТМИ-10	10000	100/100:3	120	200	480	960
НТМИ-15	15000	100/100:3	120	200	480	960
НТМИ-18	18000	100/100:3	120	200	480	960

ПРИЛОЖЕНИЕ 70

Таблица П. 70

Технические характеристики трансформаторов напряжения (ГОСТ 15150–69)

Тип	Номинальные напряжения, В		Номинальная мощность, В·А, в классе точности				Предельная мощность вне класса точности, В·А
	ВН	НН	0,2	0,5	1,0	3,0	
НОЛ-08-10УТ	10000	100	50	75	150	300	630
ЗНОЛ.06-10УЗ	10000:√3	100:√3	50	75	150	300	630
ЗНОЛП-10	10000:√3	100:√3	50	75	150	300	630
ЗНОЛЭ-35	35000:√3	100:√3	-	150	300	600	1000
ЗНОЛ-35	35000:√3	100:√3	75	150	300	600	1000

ПРИЛОЖЕНИЕ 71

Таблица П. 71

Изоляторы опорные

Тип	Напряжение, кВ		Минимальное разрушающее усилие при статическом изгибе, кН (кгс)
	Номинальное	Выдерживаемое в сухом виде	
1	2	3	4
Изоляторы внутренней установки			
ОФ-1-250УТЗ	1	11	2,45 (250)
ОФ-1-750-ов. УТЗ	1	11	7,35 (750)
ОФ-10-375УЗ	10	47	3,675 (375)
ОФ-10-750УЗ	10	47	7,35 (750)
ОФ-10-1250УЗ	10	47	12,25 (1250)
ОФ-10-2000УЗ	10	47	19,6 (2000)

ОФ-35-375УЗ	35	110	3,675 (375)
ОФ-35-750УТЗ	35	110	7,35 (750)
ОФ-35-750УЗ	35	110	7,35 (750)
ОФ-35-1250 кв. УЗ	35	110	12,25 (1250)
ОФ-35-2000 кв.УЗ	35	110	19,6 (2000)
Изоляторы наружной установки			
Опорно-штыревые			
ОНШ-10-500	10	-	4,9 (500)
ОНШ-10-2000У1	10	-	19,6 (2000)
ОНШ-35-1000	35	-	9,8 (1000)

ПРИЛОЖЕНИЕ 71

Окончание таблицы П.71

Опорно-стержневые			
1	2	3	4
ОНС-10-300	10	-	2,94 (300)
ОНС-10-500	10	-	4,9 (500)
ОНС-10-2000	10	-	19,6 (2000)
ОНС-35-300	35	-	2,94 (300)
ОНС-35-500	35	-	4,9 (500)
ОНС-35-1000	35	-	9,8 (1000)
ОНС-35-1500	35	-	14,7 (1500)
ОНС-35-2000	35	-	19,6 (2000)
КО-35С	35	-	9,8 (1000)
КО-35СУ	35	-	8,82 (900)
ИОС-35-500	35	-	4,9 (500)
ИОС-35-600 ПсУ1	35	-	5,88 (600)
ИОС-35-1000 ПсУ1	35	-	9,8 (1000)
ОНС-110-300	110	-	3,43 (300)
ИОС-110-400	110	-	3,92 (400)
АКО-110	110	-	5,88 (600)
ОНС-110-1000	110	-	9,8 (1000)
КО-110-1000У1	110	-	9,8 (1000)
КО-110-1250ХЛ1	110	-	12,25 (1250)
КО-110-1300	110	-	12,74 (1300)
КО-110-1500У1	110	-	14,7 (1500)
КО-110-2000	110	-	19,6 (2000)
ОНС-110-1500У1	110	-	14,7 (1500)
ОНС-110-2000ХЛ1	110	-	19,6 (2000)

Обозначения: И – изолятор; О – опорный; Ф – фарфоровый; Н – наружной установки; С – стержневой; Ш – штыревой; Р – с ребристой наружной поверхностью; К – колонковый; П (после цифр) – группа изоляции по длине пути утечки тока; с – для районов с сухими загрязнениями; Т – тропическое исполнение; У – усиленный (если буква стоит перед цифрой 1) для районов с умеренным климатом; ХЛ – для районов с холодным климатом; кв. – с нижним квадратным фланцем; ов. – с нижним овальным фланцем; кр. – с нижним круглым фланцем; число после первой чёрточки – класс напряжения, кВ; число после второй чёрточки – минимальное разрушающее усилие при статическом изгибе, кгс.

ПРИЛОЖЕНИЕ 72

Таблица П.72

Изоляторы проходные

Тип	Напряжение, кВ			Номи- наль-ный ток, А	Минимальное раз- рушающее усилие при статическом изгибе, кгс
	номи- наль-ное	в сухом состоя- нии	под дож- дём		
1	2	3	4	5	6
Изоляторы внутренней установки					
П-10/400-750	10	—	—	400	750
П-10/630-750	10	—	—	630	750
П-10/1000-750	10	—	—	1000	750
П-10/1600-750	10	—	—	1600	750
П-10/1000-2000	10	—	—	1000	2000
П-10/2000-2000	10	—	—	2000	2000
П-10/1000-3000	10	—	—	1000	3000
П-10/1600-3000	10	—	—	1000	3000
П-10/2000-3000	10	—	—	2000	3000
П-10/3200-3000	10	—	—	3200	3000
П-10/5000-4250	10	—	—	5000	4250
П-35/400-750	35	—	—	400	750
П-35/630-750	35	—	—	630	750
П-35/1000-750	35	—	—	1000	750
П-35/1600-750	35	—	—	1600	750
Изоляторы внутренне-наружной установки					
ИП-10/630-750 У1	10	47	34	630	750
ИП-10/1000-750 У1	10	47	34	1000	750
ИП-10/630-1250 У1	10	47	34	630	1250
ИП-10/1000-1250 У1	10	47	34	1000	1250
ИП-10/1600-1250 У1	10	47	34	1600	1250
ИП-10/2000-1250 У1	10	47	34	2000	1250
ИП-10/3150-1250 У1	10	47	34	3150	1250
ИПУ-10/630-750 У1	10	47	34	630	750
ИПУ-10/1000-750 У1	10	47	34	1000	750
ИПУ-10/630-1250 У1	10	47	34	630	1250
ИПУ-10/1000-1250 У1	10	47	34	1000	1250
ИПУ-10/1600-1250 У1	10	47	34	1600	1250
ИПУ-10/2000-1250 У1	10	47	34	2000	1250

ИПУ-10/3150-1250 У1	10	47	34	3150	1250
ПН-10/5000-4250	10	52	34	5000	4250
ПН-10/6300-4250	10	52	34	6300	4250
ИП-35/400-750 У1	35	110	85	400	750
ИП-35/630-750 У1	35	110	85	630	750

ПРИЛОЖЕНИЕ 72

Окончание табл. П.72

1	2	3	4	5	6
ИП-35/1000-750 У1	35	110	85	1000	750
ИП-35/1600-750 У1	35	110	85	1600	750
ИПУ-35/400-750 У1	35	110	85	400	750
ИПУ-35/630-750 У1	35	110	85	630	750
ИПУ-35/1000-750 У1	35	110	85	1000	750
ИПУ-35/1600-750 У1	35	110	85	1600	750
ИПУ-35/3150-750 У1	35	110	85	3150	750
ПНШ-35/3200-2000 У1	35	110	85	3200	2000
ПНШ-35/6300-2000 У1	35	110	85	6300	2000
ПНШ-35/5000-4250	35	110	85	5000	4250
ПНШ-35/6300-4250	35	110	85	6300	4250
ПНШ-35/8000-4250	35	110	85	8000	4250
ПНШ-35/10000-4250	35	110	85	10000	4250

ПРИЛОЖЕНИЕ 73

Таблица П.73

Изоляторы керамические армированные ОАО «Электрокерамика»
(г. Санкт-Петербург)

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Минимальное разрушающее усилие, кН	Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Минимальное разрушающее усилие, кН
Изоляторы опорные внутренней установки			Изоляторы проходные Для наружно-внутренних установок			
ИОР-10-7,5	10	7,5	ИП-10/5000-42,5	10	5	42,5
ИОР-10-20	10	20	ИП-10/6300-42,5	10	6,3	42,5
ИОР-10-30	10	30	ИП-10/10000-42,5	10	10	42,5
ИОР-35-7,5	35	7,5	ИП-35/3150-20	35	3,15	20
ИОРФ-35-3,75	35	3,75	ИП-35/6300-20	35	6,3	20
Изоляторы опорные стержневые наружной установки			ИП-35/5000-42,5	35	5	42,5
			ИП-35/6300-42,5	35	6,3	42,5
			ИП-35/10000-42,5	35	10	42,5
			Для внутренних установок			
ИОС-35-10	35	10	ИП-10/5000-42,5	10	5	42,5
ИОС-110-4	110	4	ИП-10/6300-42,5	10	6,3	42,5
ИОС-110-6	110	6	ИП-10/10000-42,5	10	10	42,5
ИОС-110-8	110	8				
ИОС-110-12,5	110	12,5				
ИОС-110-20	110	20				

ПРИЛОЖЕНИЕ 74

ЭПОКСИДНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

(Ровенский завод высоковольтной аппаратуры, Украина)

Назначение и область применения

С января 2003 года завод освоил новую технологию серийного производства опорных и проходных изоляторов, а также проходных втулок.

Особенность изготовления изоляторов — литье эпоксидного компаунда под давлением в разогретые до 140 °С пресс-формы формовочных машин. Приготовление компаунда происходит в условиях технологического вакуума, поэтому содержание влаги и газообразных веществ в материале сводится к минимуму. За счет этого достигается его однородность, максимальная прочность и гладкая фактура поверхности готового изделия.

Изделия лишены главного недостатка традиционных керамических изоляторов – низкой механической прочности на кручение и изгиб. Они не разрушаются при ударах, не растрескиваются при смене температур. Заметными преимуществами полимерных изоляторов являются также их малая масса и стабильность свойств электроизоляционного материала в различных условиях эксплуатации.

Таблица П.74

Основные технические данные

Параметры	ЮЕ-7,5	ЮЕ-10	ВЕ-10	ІЕ-12,5
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	6
Разрушающее усилие на изгиб, кН	7,5	9	9	12,5
Испытательное пятиминутное напряжение, кВ	42	42	42	32
Напряжение при плавном подъеме, кВ	47	47	47	36
Полный грозовой импульс, кВ	80	80	80	60
Срезанный импульс, кВ	100	100	100	73
Пробивное напряжение, кВ	75	75	75	57

