



Код ОКПД2: 27.11.43.000

ТРАНСФОРМАТОР СУХОЙ С ЛИТОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

APUE.670100.005 PЭ



СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	3
2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ	3
3 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ.....	6
4 ХРАНЕНИЕ	8
6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРИМЕР ПРИВЕДЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК К ТЕМПЕРАТУРЕ ИЗОЛЯЦИИ НА ЗАВОДЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЕ.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ГРАФИКИ НАГРУЗОК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ В. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ 3 И 4 ПО ГОСТ 15150-69.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. НОРМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА.....	22

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящее руководство по эксплуатации (в дальнейшем – руководство) распространяется на сухие трансформаторы.

Руководство предназначено для изучения устройства трансформаторов и устанавливает требования к транспортированию, хранению, монтажу, введению в эксплуатацию, использованию по назначению, техническому обслуживанию и ремонту. При ознакомлении с устройством трансформатора необходимо руководствоваться также паспортом и документами, входящими в комплект эксплуатационных документов.

В случае возникновения затруднений при выполнении требований данной инструкции необходимо обратиться на завод-изготовитель по электронному адресу **support@svel.ru**.

ВНИМАНИЕ! Не допускается внесение изменений в конструкцию трансформатора без согласования с заводом-изготовителем. В случае отсутствия согласования изменений в конструкции трансформатора, завод-изготовитель снимает данный трансформатор с гарантийного обслуживания

2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

2.1 НАЗНАЧЕНИЕ

2.1.1 Силовые трансформаторы предназначены для работы в установках, не подверженных действию перенапряжения или предусматривающих специальные меры защиты, ограничивающие амплитуду перенапряжений до величины, не превышающей амплитуду испытательного напряжения промышленной частоты согласно ГОСТ 1516.3-96.

2.1.2 Преобразовательные трансформаторы предназначены для питания преобразовательных агрегатов. Допускается эксплуатация трансформаторов в установках, подверженных перегрузкам по току, не превышающих значений, указанных в ГОСТ 16772-77.

Таблица 1

ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ			
Мощность, кВ·А	16–100	160–400	Свыше 630
Превышение напряжения, %	Превышение напряжения не допускается	5	10

2.1.3 Трансформаторы предназначены для работы в помещениях и на улице, внешняя среда не взрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщена токопроводящей пылью.

2.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.2.1 Наименование, условное обозначение типа трансформатора и основные технические характеристики указаны на табличке технических данных и в паспорте. В паспорте также приведены результаты приёмо-сдаточных испытаний, проведенных на заводе-изготовителе.

2.2.2 Габаритно-присоединительные размеры, масса трансформатора указаны в габаритном чертеже, входящем в комплект эксплуатационных документов.

2.2.3 Нормальные условия работы трансформатора при номинальной нагрузке характеризуются следующими данными: высота установки над уровнем моря не более 1000 м, если иное не указано в паспорте оборудования; охлаждение естественное либо принудительное воздушное; в трансформаторах с устройством РПН для эксплуатации при температурах ниже минус 25 °С должна быть предусмотрена система обогрева; температура и влажность окружающего воздуха приведены в приложении Г.

2.2.4 Продолжительная работа трансформаторов классов напряжения до 35 кВ включительно при превышении напряжения на любом ответвлении любой обмотки (при мощности не более номинальной) допускается в соответствии с таблицей 1.

2.3 СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ

2.3.1 В конструктивном отношении трансформатор можно представить состоящим из четырех основных составляющих: остова (магнитной системы), системы обмоток с их изоляцией и конструктивным исполнением вводов трансформатора, кожуха и навесного оборудования.

2.3.2 Трансформаторы в зависимости от назначения могут быть изготовлены в открытом исполнении (без защитного кожуха) или в за-

щищенном исполнении (с защитным кожухом). Общий вид трансформатора в открытом исполнении представлен на рисунке 1.

2.4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Остов состоит из магнитопровода и конструктивных элементов – ярмовых прессующих балок, опорной рамы, бандажей, стяжных шпилек, изоляционных деталей.

Магнитопровод стержневого типа, шихтованный по схеме STEP-LAP из пластин электротехнической стали, в стержнях и ярмах магнитопровода для улучшения охлаждения могут быть выполнены воздушные каналы.

Собранный сердечник запрессован бандажами из стеклоленты и покрыт эпоксидной краской, классом нагревостойкости не ниже класса нагревостойкости трансформатора, для защиты от коррозии. Количество бандажей обеспечивает равномерное сжатие пластин магнитопровода, а усилие сжатия – жесткую конструкцию магнитопровода, способную воспринимать все технологические воздействия в процессе производства, при транспортировке и эксплуатации.

Ярма магнитопровода прессуют ярмовыми балками (консолями). Конструкция ярмовых балок и их стяжек обеспечивает необходимую жесткость остова при подъеме активной части и при транспортировке трансформатора.

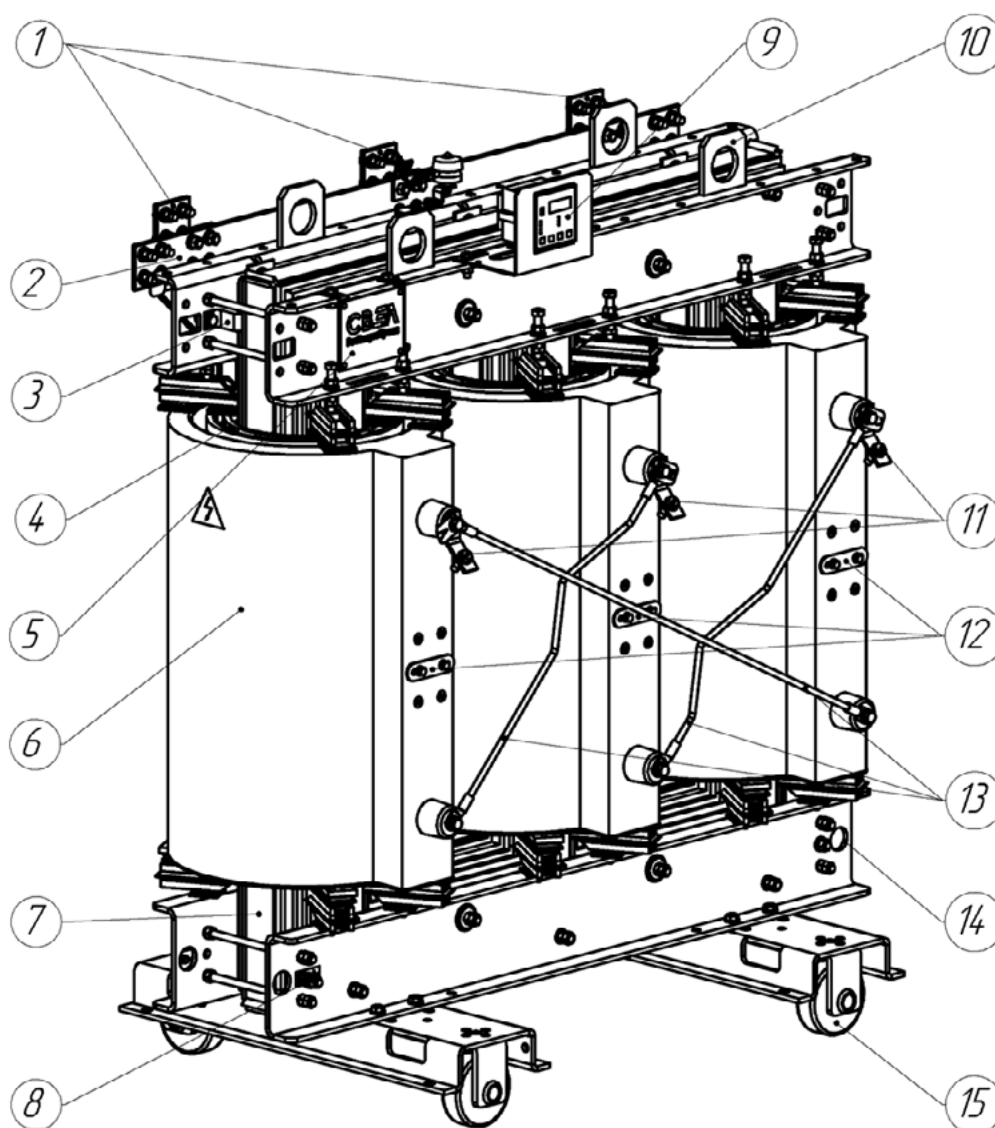


Рисунок 1 – Общий вид трансформатора со степенью защиты IP00

- 1 – Вводы НН (ВО), 2 – Нейтраль НН (ВО), 3 – Шина заземления магнитопровода, 4 – Обмотка НН (ВО)
 5 – Табличка технических данных, 6 – Обмотка ВН (СО), 7 – Магнитопровод, 8 – Зажим заземления трансформатора
 9 – Блок контроля температуры, 10 – Пластины для подъема трансформатора, 11 – Вводы ВН (СО), 12 – Устройства ПБВ
 13 – Шины схемы соединения обмоток ВН (СО), 14 – Отверстие для буксировки трансформатора
 15 – Катки для перемещения трансформатора

Магнитопровод соединен с ярмовыми балками медными шинами, ярмовые балки электрически соединены с заземляющими зажимами, расположенными на подкареточных балках для трансформаторов в кожухе и на ярмовых балках для трансформаторов без кожуха.

Обмотки являются основным элементом трансформатора, обеспечивающим преобразование электрической энергии путём изменения величины токов и напряжений при сохранении передаваемой мощности. Вместе с остовом они образуют активную часть трансформатора.

Обмотки низшего напряжения (НН) силовых трансформаторов и вентильные обмотки (ВО) преобразовательных трансформаторов выполнены из алюминиевых или медных проводников. В зависимости от мощности трансформатора обмотки НН (ВО) имеют осевые охлаждающие каналы, которые обеспечиваются стеклопластиковыми или алюминиевыми профилями. Обмотки НН (ВО) могут быть с литой изоляцией в зависимости от класса напряжения либо по требованию заказчика.

Обмотки высшего напряжения (ВН) силовых трансформаторов и сетевые обмотки (СО) преобразовательных трансформаторов выполнены из алюминиевых или медных проводников с литой изоляцией класса нагревостойкости F. На стороне ВН (СО) фазы обмотки имеют регулировочные ответвления. По умолчанию тип переключения ответвлений, число и диапазон ступеней регулирования ПБВ $\pm 2 \times 2,5 \%$; также возможно иное число и диапазон ступеней регулирования. При наличии устройства РПН - при его настройке и эксплуатации необходимо руководствоваться руководством по эксплуатации на РПН.

Установка необходимого напряжения производится переключением ступеней ответвлений ВН (СО) при помощи переключателя, расположенных на панелях переключения (рисунок 1, позиция 12), в соответствии с положением. **ВНИМАНИЕ! Положение переключателя должно быть одинаковым на всех панелях ПБВ, если иное не указано в паспорте на трансформатор.**

Кожух трансформатора (при наличии) обеспечивает требуемую степень защиты активной части. Стенки кожуха и дно имеют вентиляционные отверстия, обеспечивающие нормированный уровень охлаждения активной части. На широких стенках трансформатора имеются съёмные панели либо двери для доступа к регулировочным отпайкам и проведения технического обслуживания активной части. Ключи от дверей и электрошита (при наличии) поставляются в комплекте. Степень защиты по ГОСТ 14254-2015 указана на табличке технических данных.

Трансформатор может быть оборудован трансформаторами тока, ограничителями перенапряжений (ОПН) либо другим дополнительным оборудованием (по требованию заказчика). Руководство по эксплуатации дополнительного оборудования входит в комплект эксплуатационных документов, поставляемых с трансформатором. Вторичные обмотки трансформаторов тока выведены на токовые клеммы, которые обеспечивают замыкание вторичных обмоток при отключенных устройствах измерения и защиты. **ВНИМАНИЕ! При эксплуатации трансформаторов тока необходимо исключить размыкание вторичных обмоток.**

В трансформаторах с принудительным охлаждением для обеспечения циркуляции воздуха устанавливаются вентиляторы с системой управления. Инструкция по эксплуатации вентиляторов входит в комплект эксплуатационных документов, поставляемых с трансформатором, укомплектованным вентиляторами.

Трансформатор по умолчанию снабжен блоком контроля температур (БКТ) магнитопровода и каждой фазы обмоток НН (ВО). Блок контроля температуры предназначен для контроля текущего значения температуры обмоток и магнитопровода и работы в системе защиты трансформатора от перегрева. Руководство по эксплуатации блока контроля температур входит в комплект эксплуатационных документов, поставляемых с трансформатором. По требованию заказчика трансформатор может поставляться без блока контроля температур. **ВНИМАНИЕ! При отсутствии контроля температур обмоток и магнитопровода, в случае выхода из строя трансформатора в результате перегрева, завод-изготовитель вправе снять данный трансформатор с гарантийного обслуживания.**

По требованию заказчика на трансформаторы с классом напряжения обмотки НН (ВО) до 0,69 кВ устанавливается пробивной предохранитель типа ПП-А/З УЗ 660/690 В. Предохранитель предназначен для защиты фаз обмоток НН (ВО) от появления в них высокого потенциала в случае пробоя обмоток ВН (СО) на обмотки НН (ВО). При срабатывании предохранителя (после пробоя) предохранитель должен быть заменен. Запасной предохранитель входит в комплект ЗИП.

Передвижение трансформатора возможно в поперечном и продольном направлениях и осуществляется на гладких катках, которые поставляются в комплекте с трансформатором по умолчанию. По требованию заказчика трансформатор может поставляться без катков. Трансформаторы уличного исполнения комплектуются катками по согласованию с заказчиком.

Таблица 2

УСЛОВИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ В ЧАСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	
Тип упаковки	Условия транспортирования по ГОСТ 15150-69
Деревянная (ящик)	5 (ОЖ4)
Стретч-пленка	2 (С)

На трансформаторы уличного исполнения устанавливается дополнительное электрооборудование, обеспечивающее нормальную работу трансформатора в соответствующих климатических условиях. Инструкция по работе с дополнительным электрооборудованием входит в комплект эксплуатационных документов, поставляемых с трансформатором.

2.5 МАРКИРОВКА

2.5.1 На трансформаторе имеется маркировка вводов для внешнего присоединения (маркировка фаз) и маркировка мест заземления.

2.5.2 На кожухе трансформатора имеются предупреждающие знаки «Опасность поражения электрическим током», выполненные по ГОСТ 12.4.026 2015.

2.5.3 Трансформатор снабжен табличкой с основными техническими данными, которая располагается на передней широкой стенке кожуха. На трансформаторах со степенью защиты IP00 (без кожуха) табличка технических данных крепится к верхней ярмовой балке.

2.5.4 На упаковке трансформатора нанесена транспортная маркировка. Способ нанесения маркировки на деревянную упаковку – окраска по трафарету. В случае упаковки трансформатора в стретч-пленку маркировка наносится в виде дополнительной таблички под пленкой.

2.6 УПАКОВКА

2.6.1 Трансформатор отправляется заказчику в стретч-пленке или в деревянной упаковке по требованию заказчика. Тип упаковки выбран в зависимости от требований к защите трансформатора, от воздействия климатических факторов внешней среды, способа транспортирования и с учетом конструктивных особенностей изделия.

2.6.2 Контактные поверхности вводов и зажимы заземления подвергнуты консервации (покрыты консервационной смазкой).

2.6.3 Комплект запасных частей соответствует ведомости ЗИП и упакован вместе с трансформатором.

2.6.4 Эксплуатационная документация, поставляемая совместно с изделием, вложена в герметичный пакет и находится внутри упаковки.

2.6.5 Упаковочный лист вложен в папку-конверт. Папка-конверт прикреплена к торцевому щиту упаковки (в случае деревянной упаковки), либо к трансформатору (в случае упаковки в стретч-пленку).

3 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

3.1 Условия транспортирования в части воздействия механических факторов – С по ГОСТ 23216-78. Условия транспортирования изделий в части воздействия климатических факторов в зависимости от типа упаковки указаны в таблице 2.

Возможна поставка оборудования в деревянной упаковке с условиями транспортирования 8 (ОЖЗ) по требованию заказчика.

3.2 Трансформатор отправляется заказчику железнодорожным или автомобильным транспортом. Допускается транспортирование трансформатора на речных, морских судах или авиатранспортом.

3.3 Трансформаторы обычно поставляются заказчику полностью собранные либо частично разобранные в зависимости от габаритных размеров, массы и конструкции. При самостоятельной транспортировке заказчиком трансформатор должен быть собран или частично демонтирован согласно ведомости комплектации, поставляемой совместно с изделием. **ВНИМАНИЕ! Запрещается транспортировать трансформатор с установленными составными частями, указанными в ведомости комплектации в разделе «Снятые составные части».**

3.4 Непосредственно после прибытия к месту назначения, перед разгрузкой трансформатора, совместно с представителем транспортирующей организации необходимо произвести осмотр упаковки, убедиться в отсутствии механических повреждений. В случае выявления повреждений

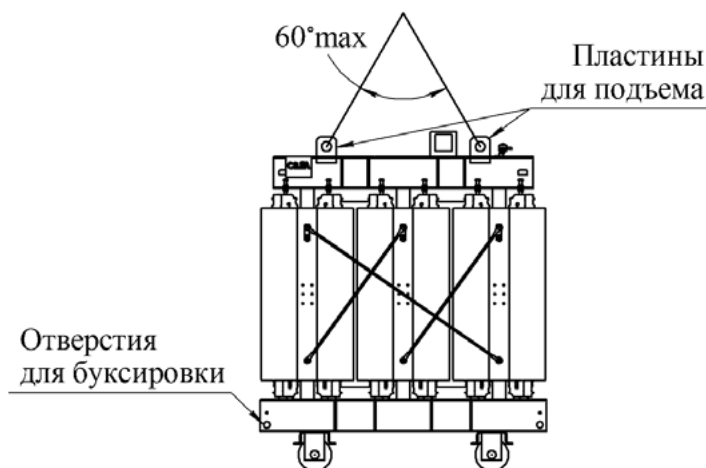


Рисунок 2 – Схема строповки трансформатора

либо некомплектности необходимо составить Коммерческий Акт с организацией-перевозчиком в соответствии с действующим законодательством.

3.5 Разгрузку трансформатора необходимо производить механизмами и приспособлениями, грузоподъемность которых соответствует массе изделия. Схема строповки указана на упаковке трансформатора.

3.6 Для строповки трансформатора необходимо одновременно использовать все 4 пластины для подъема (смотри рисунок 2). При конструктивном исполнении трансформатора без подъёмных пластин, для подъёма предусмотрены специальные отверстия в верхних ярмовых балках. Схема строповки указана в габаритном чертеже. Угол между стропами не должен превышать 60 °.

3.7 Для перемещения трансформатора на катках необходимо установить все 4 катка в нужном направлении. Для перемещения активной части

трансформатора либо трансформатора со степенью защиты IP00 на катках необходимо использовать буксировочные отверстия, расположенные на нижних ярмовых балках (смотри рисунок 2). Точками опоры для перемещения трансформатора на катках в кожухе, активной части либо трансформатора со степенью защиты IP00 должны использоваться подкареточные балки трансформатора.

ВНИМАНИЕ! Приложение усилий к обмоткам и кожуху не допускается.

3.8 В случае обнаружения каких-либо механических повреждений трансформатора необходимо составить акт о результатах осмотра и обратиться на завод-изготовитель.

3.8 В случае обнаружения каких-либо механических повреждений трансформатора необходимо составить акт о результатах осмотра и обратиться на завод-изготовитель.

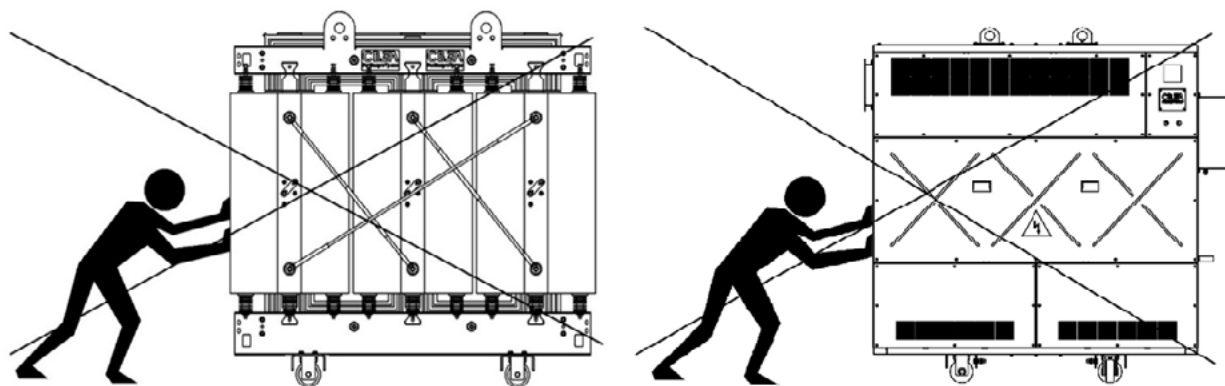


Рисунок 3

4 ХРАНЕНИЕ

4.1 Перед размещением трансформатора на хранение необходимо произвести осмотр сохранности упаковки и самого изделия, а также проверить комплектность поставки. Поврежденную упаковку восстановить.

4.2 Трансформатор необходимо хранить в упаковке завода-изготовителя в закрытом, сухом, чистом, вентилируемом помещении. При хранении на улице трансформаторов уличного исполнения упаковку (в случае упаковки в стретч-пленку) необходимо снять. В случае хранения при температурах ниже минус 40°C необходимо включить систему обогрева трансформатора (при ее наличии) либо обеспечить температуру внутри кожуха трансформатора выше минус 40 °С. При поставке трансформатора в частично разобранном виде предварительно произвести полную сборку согласно инструкции.

4.3 Условия хранения изделий в части воздействия климатических факторов – 2 (С) по ГОСТ 15150-69. Срок хранения в упаковке и консервации изготовителя 3 года.

4.4 При хранении трансформатора необходимо принять меры, исключающие возможности его механического повреждения и загрязнения.

4.5 При хранении трансформатора свыше срока хранения, указанного в паспорте, следует переконсервировать контактные поверхности вводов и зажимы заземления. Для этого необходимо удалить консервант протирочным материалом, смоченным в подходящем растворителе на бензиновой основе (пример растворителя, Уайт-спирит) и нанести тонким слоем кисточкой консервационную смазку. После переконсервации упаковку восстановить. Сделать отметку о переконсервации в паспорте трансформатора.

4.6 В случае нарушения условий хранения трансформатора необходимо связаться с заводом-изготовителем для получения рекомендаций.

ВНИМАНИЕ! В случае выявления пуска трансформатора с нарушенными условиями хранения гарантия на трансформатор снимается.

5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Монтаж, предпусковые испытания и включение трансформаторов мощностью 6300 кВ·А и выше, трансформаторов с РПН, трансформаторов, поставляемых в частично разобранном виде, осуществлять в присутствии шеф-инженера завода-изготовителя.

5.1 ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Меры безопасности: при подготовке к работе, испытаниях и эксплуатации трансформатора необходимо руководствоваться «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП), «Правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТЭУ).

5.2 ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЯ К МОНТАЖУ

5.2.1 Действия до проведения монтажных работ

1) Для проведения монтажа рекомендуется заключить договор (контракт) и вызвать шеф-инженера предприятия-изготовителя.

2) Определить объем и последовательность работ по монтажу. Составить план-график проведения монтажа.

3) Необходимо подготовить следующие материально-технические средства: подъемное оборудование и средства передвижения, слесарно-сборочный инструмент, комплект приборов и оборудования, необходимых для проведения испытаний.

4) Необходимо изучить до начала монтажа эксплуатационную документацию, протоколы и акты, составленные на транспортирование, разгрузку и хранение трансформатора.

5) Подготовить площадку для распаковки и осмотра трансформатора, снять заводскую упаковку.

6) Удалить консервант протирочным материалом, смоченным в подходящем растворителе на бензиновой основе.

7) В случае поставки трансформатора в частично разобранном виде, перед началом работ трансформатор необходимо полностью собрать.

ВНИМАНИЕ! Хранить трансформатор без упаковки в разобранном виде на открытом воздухе запрещается.

8) Установить трансформатор на предназначенное для него место с соблюдением требований

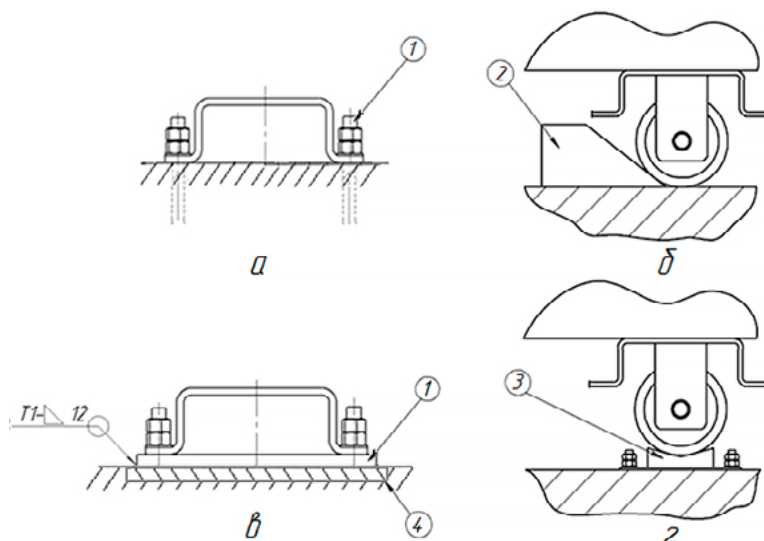


Рисунок 4 – Крепление трансформатора.

1* – закладные детали/анкеры; 2* – противооткатный упор; 3* – антивибрационная прокладка;
4 – закладная металлическая пластина (предусматривается заказчиком).

* – не входят в стандартный комплект поставки.

указанных в п. 5.2.2. По выбору заказчика трансформатор может быть установлен (см. рисунок 4):

а) на закладные детали фундамента (до 7 баллов включительно по шкале MSK-64);

б) на катки (до 7 баллов включительно по шкале MSK-64);

в) на закладные детали фундамента (до 9 баллов включительно по шкале MSK-64);

г) на катки и антивибрационные прокладки (до 7 баллов включительно по шкале MSK-64);

д) другим способом, согласованным с заводом-изготовителем.

9) Подводящие шины и кабели подсоединить таким образом, чтобы не создавать механической нагрузки на выводы трансформатора. Примеры

подвода кабелей к трансформатору указаны на рисунках 5 и 6.

10) Обеспечить изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих частей до экранирующих и заземленных жил, шин, а также поверхностей обмоток в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

НАИМЕНЬШЕЕ ИЗОЛЯЦИОННОЕ РАССТОЯНИЕ ОТ ТОКОВЕДУЩИХ ДО ЗАЗЕМЛЕННЫХ ЧАСТЕЙ

Класс напряжения, кВ	Расстояние, мм, не менее
10 и ниже	120
20	150
35	300

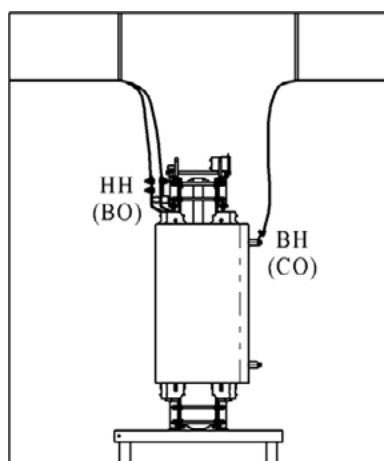


Рисунок 5 – Пример подвода кабелей к трансформатору

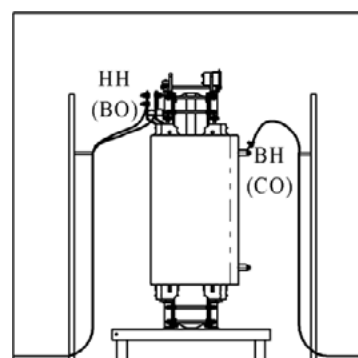


Рисунок 6 – Пример подвода кабелей к трансформатору

11) Для изменения стандартной фазировки на зеркальную необходимо, шины схемы соединения ВН и маркировку фаз установить согласно рисунку 7 либо рисунку 8.

ВНИМАНИЕ! При параллельной работе трансформаторов необходимо произвести фазирование трансформаторов.

12) Кабель от клеммной коробки вести по поверхности кожуха при помощи монтажных площадок и кабельных стяжек. Примеры монтажа кабелей указаны на рисунках 9 и 10.

Рекомендуемое сечение кабелей для подключения БКТ и вентиляторов 1,5–2,5 мм².

5.2.2 Необходимо проверить, что на месте установки трансформатора выполнено следующее:

1) Выполняется соблюдение дистанций безопасности для объектов, находящихся под напряжением, согласно действующим нормам и «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) п.4.2.217;

2) Возможен свободный доступ и осмотр всех частей трансформатора;

3) Для трансформаторов категорий размещения 3 и 4 по ГОСТ 15150-69 в помещении имеется система вентиляции требуемой мощности (величина расхода воздуха 4,5 м³/мин на 1 кВт потерь). Если температура в помещении выше плюс 40 °С, необходимо установить дополнительные вытяжные вентиляторы. Ориентировочный расчет системы вентиляции приведен в приложении В.

4) Для трансформаторов категорий размещения 3 и 4 по ГОСТ 15150-69 должна обеспечиваться защита от попадания во внутренний объем кожуха (при наличии) атмосферных осадков, а также посторонних частиц и предметов.

ВНИМАНИЕ! Крышки на дверях трансформаторов уличного исполнения на время хранения трансформатора должны быть закрыты!

ВНИМАНИЕ! Технологическое оборудование, материалы и контрольно-измерительные приборы для проведения монтажных работ предприятием-изготовителем не поставляются!

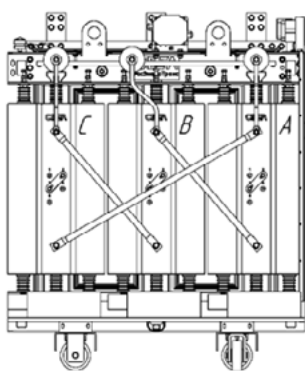


Рисунок 7 – Вариант 1

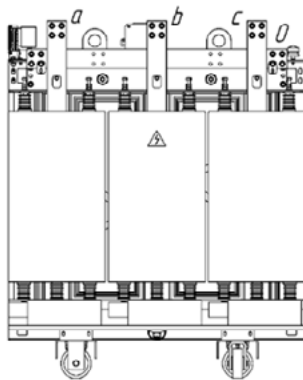


Рисунок 8 – Вариант 2

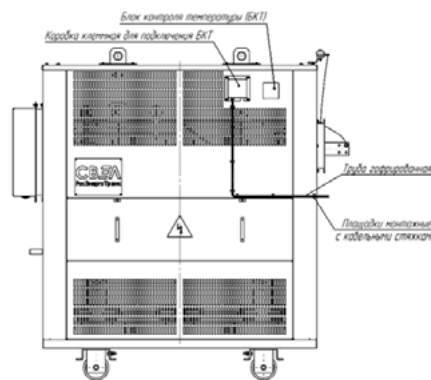


Рисунок 9 – Пример монтажа кабеля от клеммной коробки

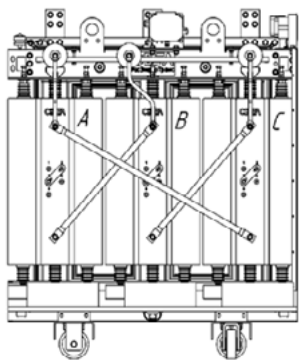


Рисунок 8 – Вариант 2

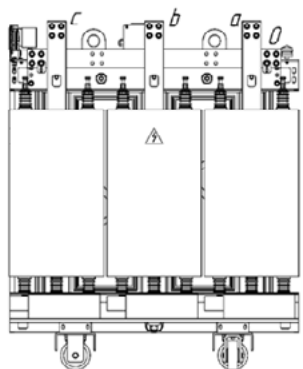


Рисунок 8 – Вариант 2

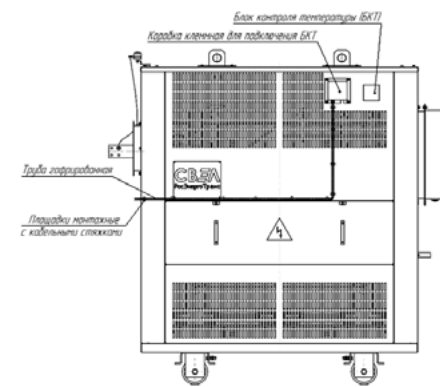


Рисунок 10 – Пример монтажа кабеля от клеммной коробки

5.3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВНЕШНЕГО ОСМОТРА ИЗДЕЛИЯ

5.3.1 Необходимо:

- 1) произвести осмотр кожуха (при наличии), убедиться в отсутствии царапин, ржавчины, конденсата;
- 2) удалить консервационную смазку протирочным материалом, смоченным в уайт-спирите;
- 3) снять стенки кожуха (при наличии), произвести осмотр активной части, убедиться в отсутствии механических повреждений или видимого сдвига обмоток;
- 4) проверить затяжку крепёжных деталей, контактных соединений и прессовку обмоток в соответствии с п. 6.3 (5);
- 5) визуально проверить целостность (отсутствие сколов, трещин) изоляторов;
- 6) для обмоток с каналами убедиться в отсутствии попадания влаги в каналы. В случае обнаружения влаги в каналах обратиться за консультацией на завод-изготовитель.

В случае обнаружения каких-либо механических повреждений трансформатора необходимо составить акт о результатах осмотра и обратиться на завод-изготовитель.

5.3.2 Не допускается ввод в эксплуатацию трансформатора с загрязненными элементами активной части (обмотки, магнитопровод, ошиновка, изоляторы). В случае загрязнения трансформатора необходимо продуть остов, обмотки (каналы между обмотками) сухим чистым сжатым воздухом давлением в пределах от $2 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ Па. Обмотки, контактные поверхности и изоляторы очистить и протереть ветошью, смоченной этиловым спиртом. При нахождении трансформатора в помещении, где ведутся монтажные работы, трансформатор необходимо защитить от попадания загрязнений и посторонних предметов.

5.3.3 При выборе степени защиты трансформатора с категорией размещения 1 по ГОСТ 15150-69 необходимо руководствоваться нижеследующим:

- трансформаторы класса напряжения до 15 кВ, уровень установки над нулевой отметкой до 0,5 м включительно, допускается установка со степенью защиты IP33 и выше по ГОСТ 14254-2015;
- трансформаторы класса напряжения до 15 кВ, уровень установки над нулевой отметкой бо-

лее 0,5 м, допускается установка только со степенью защиты IP54 по ГОСТ 14254-2015;

- трансформаторы класса напряжения выше 15 кВ включительно, допускается установка только со степенью защиты IP54 по ГОСТ 14254-2015.

5.4 МОНТАЖ

5.4.1 Ответственность за проведение работ в соответствии с РЭ и пуск трансформатора в эксплуатацию ложится на монтажную организацию. Трансформатор монтируется без ревизии активной части при соблюдении требований настоящего РЭ, что решается монтирующей организацией. При этом рассматриваются данные о состоянии изоляции и проверяются акты о правильности:

- 1) доставки трансформатора с предприятия-изготовителя;
- 2) разгрузки;
- 3) перевозки к месту монтажа;
- 4) хранения.

5.4.2 При обнаружении неисправностей либо нарушений требований настоящего РЭ до производства монтажных работ производится осмотр активной части внутри кожуха. Решение об осмотре активной части принимает предприятие-изготовитель. Результаты осмотра должны быть направлены на предприятие-изготовитель для принятия дальнейших решений.

5.4.3 Результаты работ по монтажу трансформатора оформить соответствующим актом.

5.5 ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕДПУСКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

5.5.1 Общие требования

1) При проведении предпусковых испытаний следует руководствоваться «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП) и «Правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТЭУ), производственными инструкциями, утверждёнными на предприятии, проводящем испытания, а также требованиями, изложенными в настоящем руководстве.

2) Для трансформаторов внутренней установки измерение диэлектрических параметров изоляции следует проводить при температуре окружающей среды не ниже плюс 10 °С. Трансформатор должен быть выдержан при данной температуре не менее суток. Допускается температуру изо-

ляции принимать равной температуре обмоток, если интервал между окончанием измерений температуры обмоток и началом измерений диэлектрических параметров изоляции не более 1 часа.

3) Для трансформатора, не подвергавшегося нагреву и находящегося не менее 20 часов в помещении с неизменной температурой воздуха (с предельным отклонением 3 °С), за температуру обмоток принимают температуру окружающего воздуха, измеренную термометром на высоте 1,5 м от пола, на котором установлен трансформатор, и не более чем в 5 м от него.

4) Методика измерения диэлектрических параметров по ГОСТ 3484.3-88, методика проведения электромагнитных испытаний по ГОСТ 3484.1-88, методика проведения испытаний электрической прочности изоляции по ГОСТ 22756-77.

5) Результаты испытаний оформляются протоколами электрических испытаний, которые хранятся вместе с паспортом трансформатора.

ВНИМАНИЕ! Перед испытаниями необходимо отсоединить трансформатор от стороны ВН (СО) и НН (ВО), отсоединить пробивной предохранитель (при наличии), ОПН (при наличии) от вводов трансформатора, а также отсоединить датчики и питание от БКТ (при наличии). БКТ и датчики во время испытаний должны быть заземлены. После испытаний исходные соединения необходимо восстановить.

5.5.2 Объем испытаний

1) Проверить мегаомметром на 1000 В класса точности не ниже 5 сопротивление изоляции:

- Ярмовых балок относительно магнитопровода;
- Стяжных шпилек (сквозь магнитопровод) относительно магнитопровода;
- Стяжных шпилек (сквозь магнитопровод) относительно ярмовых балок.

Таблица 4

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА	
Обмотка на которой проводят измерение	Заземляемые части трансформатора
НН (ВО)	ВН (СО), кожух (остов)
ВН (СО)	НН (ВО), кожух (остов)

Таблица 5

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕСЧЕТА										
Разность температур $ \Delta t $, °С	1	2	3	4	5	10	15	20	25	
Коэффициент пересчета k	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,5	1,84	2,25	2,75	

Перед началом проверки отсоединить заземляющие шины и подсоединить их после окончания испытаний. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 2 МОм.

2) Измерить сопротивление изоляции обмоток мегаомметром на 2500 В класса точности не ниже 5. Измерение сопротивления изоляции провести в соответствии с таблицей 4. Последовательность измерений не нормируется.

Полученные значения сопротивления изоляции должны быть пересчитаны к условиям измерения на заводе-изготовителе (к температуре, при которой проводились измерения).

Разность температур измерения:

$$\Delta t = t_1 - t_2, \quad (1)$$

где: t_1 – температура изоляции, при которой проводились измерения на заводе изготовителе (указана в паспорте);

t_2 – температура изоляции, при которой проводились измерения во время монтажа.

Сопротивление изоляции, приведённое к температуре t_1 , равно:

$$R'_{из1} = \frac{R_{из2}}{k}, \text{ если } \Delta t > 0 \quad (2)$$

$$R'_{из1} = R_{из2} \times k, \text{ если } \Delta t < 0 \quad (3)$$

где: $R_{из2}$ – значение сопротивления изоляции, измеренное при температуре t_2 ;

k – коэффициент пересчёта в соответствии с таблицей 5.

Примечание – для промежуточных значений $|\Delta t|$ коэффициент пересчёта определяется линейной интерполяцией.

Оценка результатов измерений производится путём сравнения сопротивления $R'_{из1}$ со значением $R_{из1}$, указанным в паспорте трансформатора.

Отношение ΔR , %, между $R'_{из1}$ и $R_{из1}$, вычисляют по формуле:

$$\Delta R = \frac{R'_{из1}}{R_{из1}} \times 100 \quad (4)$$

где:

$R_{из1}$ – значение сопротивления изоляции, измеренное при температуре t_1 .

Пример приведения значений сопротивления изоляции обмоток к температуре изоляции на заводе-изготовителе представлен в приложении А.

Отношение ΔR между сопротивлением изоляции обмоток $R'_{из1}$, полученным в результате испытаний, и сопротивлением изоляции обмоток $R_{из1}$, указанным в паспорте трансформатора, должно быть не менее 75 %. Если это условие не выполняется, то необходимо произвести сушку трансформатора одним из следующих методов:

- в сушильном вакуум-шкафу с электрическим или паровым обогревом;
- в камере с электрическим или паровым обогревом с применением естественной тяги для удаления испаряющейся влаги;
- методом короткого замыкания (ток короткого замыкания не должен превышать номинального тока трансформатора).

Допускаются другие методы, обеспечивающие качественную сушку. Сушка должна продолжаться до тех пор, пока сопротивление изоляции в нагретом состоянии при постоянной температуре в пределах $(95 \pm 5)^\circ\text{C}$ не достигнет постоянной величины, которая должна оставаться неизменной не менее 3 ч.

3) Определить коэффициент трансформации на всех ответвлениях. Коэффициент трансформации не должен отличаться более чем на 0,5 % от паспортных данных на основном ответвлении обмоток ВН (СО) и не более чем на 1 % на не основном ответвлении.

4) Измерить сопротивление обмоток постоянно-му току на всех ответвлениях.

Измеренное значение R_2 при температуре t_2 приводится к температуре t_1 , указанной в паспорте по формуле:

$$R'_1 = R_2 \times \frac{T+t_1}{T+t_2} \quad (5)$$

где:

T – температура, равная 235°C для обмоток из меди и 225°C – из алюминия.

Приведённое значение сопротивления не должно отличаться от указанного в паспорте более чем на 2 %.

5) Испытать электрическую прочность изоляции приложенным напряжением, значение которого не должно превышать 75 % значения испытательного напряжения, указанного в паспорте изделия.

При испытании напряжением, приложенным от внешнего источника, действующее значение установившегося тока короткого замыкания на стороне высшего напряжения испытательной установки при напряжении испытания должно быть не менее 1 А по ГОСТ 1516.2-97.

При испытаниях трансформаторов классов напряжения до 10 кВ включительно от внешнего источника измерение испытательного напряжения должно производиться прибором с трансформатором напряжения или киловольтметром, подключенным на стороне ВН (СО) испытываемого трансформатора.

5.5.3 При удовлетворительных результатах испытаний трансформатор должен быть включен в работу не позднее 24 часов после испытаний согласно 5.5.2 (2, 5). В случае превышения указанного промежутка времени перед включением трансформатора, а также при перерыве в работе свыше 24 часов следует повторно произвести испытания по 5.5.2 (2) и оценку результатов в соответствии с настоящим подразделом руководства.

5.6 ВКЛЮЧЕНИЕ

5.6.1 Включение трансформатора в работу допускается только при соблюдении требований пункта 5.5. В случае несоблюдения данных требований завод-изготовитель вправе снять данный трансформатор с гарантийного обслуживания.

5.6.2 До включения трансформатора необходимо проверить надёжность заземления.

5.6.3 При наличии трансформаторов тока все его вторичные обмотки должны быть включены в токовые цепи устройств измерения и защиты или замкнуты накоротко.

5.6.4 Необходимо проверить, что положение перемычек на регулировочных ответвлениях (панель ПБВ) соответствует напряжению питающей сети (см. таблицу технических данных) и затянуть в соответствии с 6.3 (5). **ВНИМАНИЕ! Положение перемычек должно быть одинаковым на всех панелях ПБВ, если иное не указано в паспорте на трансформатор.** Проверить правильность сочленения монтируемых на трансформаторе составных частей устройства РПН при его наличии.

5.6.5 Включение трансформатора при температурах выше минус 20 °С допускается производить толчком на полное напряжение.

ВНИМАНИЕ! В трансформаторах со схемой и группой соединений ВН (СО)/НН (ВО) У/Ун-О в момент включения трансформатора в сеть на холостой ход может возникнуть кратковременное искрение (доли секунды) между металлическими элементами защитного кожуха, а также в остоле с обмотками. Данное искрение не влияет на работу трансформатора и не является браковочным признаком трансформатора, т.к. оно вызвано электромагнитными переходными процессами в момент включения.

5.6.6 Первичную постановку трансформатора под нагрузку, а также после простоя более суток после отключения при температурах ниже минус 20 °С осуществлять после предварительной сушки на холостом ходу с включенной системой обогрева (при ее наличии) не менее 12 ч.

5.6.7 В случае простоя трансформатора менее суток после отключения при температуре ниже минус 20 °С достаточно прогреть трансформатор до температуры, превышающей минус 20 °С. Если температура трансформатора не опустилась до указанной температуры, допускается включение без предварительного прогрева.

5.6.8 Образовавшийся снежный покров на крыше трансформатора во время простоя (категория размещения 1 по ГОСТ 15150-69) перед пуском необходимо удалить.

5.6.9 Для трансформаторов категории размещения 1 по ГОСТ 15150-69 при достижении среднесуточной температуры окружающей среды минус

15°С в течение трех дней необходимо закрыть крышки вентиляции (при наличии) на кожухе. При увеличении среднесуточной температуры до минус 10°С крышки необходимо открыть.

5.6.10 Силовой трансформатор должен выдерживать нагрузки в соответствии с графиками, предоставленными в приложении Б. Преобразовательный трансформатор должен выдерживать нагрузки в соответствии с ГОСТ 16772-77.

5.6.11 В процессе эксплуатации необходимо контролировать температуру магнитопровода и обмоток по блоку контроля температур. Предельные значения должны быть не более:

- для класса F: 155 °С для магнитопровода и обмоток. Нагрев магнитопровода в режиме холостого хода может достигать 140 °С;
- для класса H: 180 °С для магнитопровода и обмоток. Нагрев магнитопровода в режиме холостого хода может достигать 165 °С.

ВНИМАНИЕ! При отсутствии контроля температур обмоток и магнитопровода, в случае выхода из строя трансформатора в результате перегрева, завод-изготовитель вправе снять данный трансформатор с гарантийного обслуживания.

В случае повышения температур, сверх указанных, необходимо обратиться к пункту 5.8. Для трансформаторов категорий размещения 3 и 4 по ГОСТ 15150-69 необходимо предварительно проверить соблюдение требований пункта 5.2.2 (3).

Руководство по эксплуатации БКТ прилагается в комплекте с трансформатором. Уставки температур БКТ для класса изоляции F/H приведены в таблице 6.

Уставки могут быть изменены разработчиком изделия в связи с конструктивными особенностями. В этом случае приоритетными являются уставки, указанные в электрической схеме трансформатора.

Уставки температур для остальных приборов согласно нормативной документации поставляемой с трансформатором.

Таблица 6

УСТАВКИ ТЕМПЕРАТУР БКТ ДЛЯ КЛАССА ИЗОЛЯЦИИ F/H		
«Предупреждение»	«Перегрев» (аварийное отключение)	«Охлаждение» (вкл. – выкл.)
145/170 °С	155/180 °С	(130 – 110)/ (155 – 135)°С

5.7 Условия параллельной работы трансформаторов

Параллельная работа трансформаторов допускается, если:

- группы соединения обмоток трансформаторов одинаковы;
- одинаковы напряжения как первичных, так и вторичных обмоток, т. е. коэффициенты трансформации равны или различаются не более чем на $\pm 0,5 \%$;
- напряжения КЗ отличаются не более чем на $\pm 10 \%$;
- произведена фазировка трансформаторов;
- соотношение мощностей трансформаторов не более 1:3.

5.8 Перечень возможных неисправностей в процессе использования изделия по назначению и рекомендации по действиям при их возникновении приведен в таблице 7.

Таблица 7

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ		
Наименование неисправности	Вероятные причины	Способ устранения
Отключение трансформатора от действия токовой защиты	Перегрузка сверх допустимой	Снизить нагрузку до номинальной
	Внешнее короткое замыкание	Устранить внешнее короткое замыкание
	Повреждение изоляции отводов ВН (СО), НН (ВО)	Осмотреть трансформатор, выявить причины, восстановить изоляцию, провести испытания
Появление повышенного неравномерного шума	Нарушение режима питания и нагрузки	Восстановить нормальный режим работы трансформатора
	Ослаблены крепления отдельных деталей остова	Проверить затяжку всех крепёжных деталей
	Ослабление прессовки листов магнитопровода	Проверить прессовку листов магнитопровода и при необходимости запрессовать
Повреждение изолятора	Механическое повреждение	Заменить изолятор
Пробой предохранителя	Попадание высокого напряжения на обмотку низкого напряжения	Выявить причину пробоя, устранить, заменить предохранитель
Выход из строя трансформатора тока	Размыкание вторичной обмотки	Заменить трансформатор тока
Выход из строя блока контроля температур (БКТ)	Выход из строя компонентов блока	Замена БКТ

В случае, если предпринятые меры не устранили неисправности, необходимо обратиться на завод-изготовитель.

Просим обращаться по следующим электронным адресам:

- по любым техническим вопросам, возникающим в процессе пуска и эксплуатации оборудования – **support@svel.ru**.
- по вопросам сервисного обслуживания изделия просим обращаться по адресу **service@svel.ru**.
- по вопросам гарантийного обслуживания изделия просим обращаться по адресу **GO_RET@svel.ru**.

При обращении необходимо быть готовым сообщить следующую информацию: тип продукции, заводской номер, дату ввода в эксплуатацию, протоколы предпусковых испытаний.

Продолжение таблицы 7

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ		
Наименование неисправности	Вероятные причины	Способ устранения
Не горит дисплей БКТ	Отсутствует питание	Проверить целостность питающих кабелей, проверить правильность установки клеммы питания в нужный разъём, проверить качество контакта проводов питания
	Неисправен блок	Замена блока на новый
На дисплее БКТ отображается ошибка	Зависит от кода ошибки	Обратиться на завод-изготовитель трансформатора
Горит индикатор «Неисправен датчик»	Отсутствует электрический контакт с датчиком	Проверить правильность подключения датчика. Проверить качество контакта проводов датчика (в том числе на клемной колодке)
	Повреждение датчика	Замена датчика
Скачки температур (резкое поднятие температуры до +3000 °С)	Нестабильный контакт термо-датчика	Проверить качество контакта проводов датчика (в том числе на клемной колодке)
Короткое замыкание обмоток трансформатора (с повреждением межслоевой и главной изоляции)	Повреждение целостности изоляции	Замена повреждённой обмотки либо трансформатора в зависимости от степени повреждения
Перегрев элементов трансформатора	Ослабление прессовки листов магнитопровода	Проверить прессовку листов магнитопровода и при необходимости запрессовать
	Нарушение изоляции магнитопровода	Осмотреть трансформатор, выявить причины, восстановить изоляцию, провести испытания
	Неправильно выбрано положение переключки ПБВ	Установить переключку ПБВ в положение, соответствующее номинальному напряжению сети

6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

6.1 Техническое обслуживание трансформатора осуществляется по местным инструкциям, учитывающим специфику конкретного объекта, климатической зоны, характер потребителей и другие факторы. При этом местные инструкции должны соответствовать требованиям ПТЭЭП и ПОТЭУ. Техническое обслуживание производить в сроки, установленные в соответствии с местными инструкциями, но не реже одного раза в 4 года.

При II и III степени загрязнения по ГОСТ 9920-89, необходимо проводить техническое обслуживание трансформатора не реже двух раз в год.

Периодичность и объём технического обслуживания трансформаторов на объектах ПАО «Россети» должны соответствовать СТО 34.01-23.1-001-2017.

6.2 Любое техническое обслуживание должно быть выполнено при отключённом от сети и от потребителя трансформаторе.

6.3 Порядок технического обслуживания:

1) Снять стенки кожуха (при наличии), обеспечить доступ к активной части трансформатора;

2) Очистить от пыли ветошью или волосяной кистью обмотки, остоу, изоляционные детали, кожух;

3) Продуть каналы между обмотками сухим чистым сжатым воздухом давлением в пределах от 2×10^5 Па до 5×10^5 Па;

Таблица 7

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (СТАЛЬ)						
Диаметр резьбы, мм	M6	M8	M10	M12	M16	M20
Момент силы, Н×м	10,5±1	22±1,5	35±2	65±3	160±7	310±14

Таблица 8

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (ЛАТУНЬ)						
Диаметр резьбы, мм	M6	M8	M10	M12	M16	M20
Момент силы, Н×м	4,5±1	10±1,5	20±2	38±3	60±7	140±15

Таблица 9

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ УЗЛА ПРЕССОВКИ ОБМОТОК						
Диаметр резьбы, мм	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Момент силы, Н×м	10±1	15±1	20±1	25±2	60±3	100±5

4) Провести осмотр кожуха (при наличии) и активной части, проверить состояние заземления, контактных соединений, лакокрасочных и гальванических покрытий;

5) Осуществить затяжку крепёжных деталей, контактных соединений и прессовку обмоток.

При затяжке контактных соединений и гибких связей необходимо руководствоваться таблицей 8 и таблицей 9. При затяжке крепёжных деталей узла прессовки обмоток необходимо руководствоваться таблицей 10. При затяжке стяжных шпилек магнитопровода необходимо руководствоваться таблицей 11. При затяжке механических соединений подъёмных пластин, катков и других конструктивных узлов и деталей необходимо руководствоваться таблицей 12. При затяжке соединений планок СТЭФ необходимо руководствоваться таблицей 13. При креплении изоляторов необходимо руководствоваться таблицей 14.

руководствоваться таблицей 13. При креплении изоляторов необходимо руководствоваться таблицей 14.

6) Проверить сопротивление изоляции обмоток, сопротивление изоляции ярмовых балок и стяжных шпилек (сквозь магнитопровод) относительно магнитопровода согласно п. 5.5.2.

6.4 В процессе эксплуатации трансформатор не требует плановых ремонтов.

Таблица 10

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ СТЫЖНЫХ ШПИЛЕК МАГНИТОПРОВОДА				
	Для шпилек, проходящих сквозь магнитопровод		Для шпилек, не проходящих сквозь магнитопровод	
Диаметр резьбы, мм	M12	M24	M12	M16
Момент силы, Н×м	85±5	105±5	40±5	70±5

Таблица 11

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ МЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ								
Диаметр резьбы, мм	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
Момент силы, Н×м	10,5±1	25±3	50±3	85±4	210±6	410±8	710±10	1415±14

Таблица 12

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ СОЕДИНЕНИЙ ПЛАНОВ СТЭФ					
Диаметр резьбы, мм	M8	M10	M12	M16	M20
Момент силы, Н×м	11±1	15±2	20±2	30±3	40±4

Таблица 13

ЗНАЧЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ ЗАТЯЖКИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ			
Диаметр резьбы, мм	M8	M10	M12
Момент силы, Н×м	10±3	20±3	35±3

ПРИМЕР ПРИВЕДЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК К ТЕМПЕРАТУРЕ ИЗОЛЯЦИИ НА ЗАВОДЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЕ

Значение сопротивления изоляции, измеренное при температуре $t_1=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и указанное в паспорте, равно $R_{из1}=6000\text{ МОм}$.

Значение сопротивления изоляции, измеренное во время монтажа при температуре $t_2=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, равно $R_{из2}=7600\text{ МОм}$.

Разность температур измерения:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 25 - 20 = 5^{\circ}\text{C} \quad (6)$$

Коэффициент пересчёта в соответствии с таблицей 5.

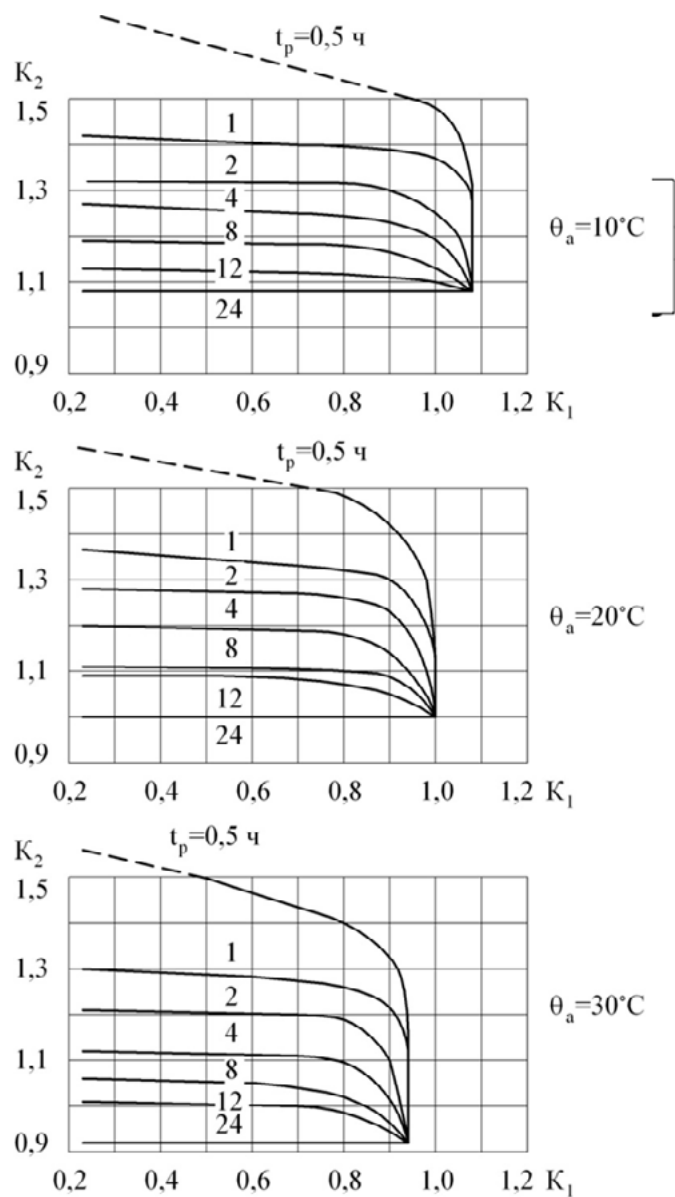
$$k = 1,22$$

Т.к. $\Delta t > 0$, сопротивление изоляции, приведённое к температуре $t_1=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, равно:

$$R'_{из1} = \frac{R_{из2}}{k} = \frac{7600}{1,22} = 6230\text{ МОм} \quad (7)$$

Разница между $R'_{из1}$ и $R_{из1}$ должна быть не менее 75 %. Примеры расчета:

$$\Delta R = \frac{R'_{из1}}{R_{из1}} \times 100 = \frac{6230}{6000} \times 100 = 103\% \quad (8)$$

ГРАФИКИ НАГРУЗОК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА


θ_a – температура окружающей среды;

$K_1 = \frac{I_1}{I_{ном}}$ – начальная нагрузка;

$K_2 = \frac{I_2}{I_{ном}}$ – нагрузка продолжительностью t_p , ч;

I_1, I_2 – ток нагрузки;

t_p – максимально допустимая продолжительность заданного тока нагрузки K_2 , ч

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(СПРАВОЧНОЕ)

**РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ
КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ 3 И 4 ПО ГОСТ 15150-69**

Расчет системы вентиляции включает в себя расчет отверстий для притока и выхода воздуха из помещения, а также, при необходимости, расчет мощности принудительного охлаждения помещения.

Расстояние от верхней ярмовой балки трансформатора до крыши должно быть не менее 0,5 м. Отверстие для выхода воздуха из помещения должно располагаться выше уровня верхней ярмовой балки трансформатора.

Исходные данные для расчета:

$P_{к.з.}$ – потери короткого замыкания трансформатора, в кВт при 120/115 °С;

$P_{х.х.}$ – потери холостого хода, в кВт;

H – расстояние по высоте между отверстиями притока и выхода воздуха, м;

k – коэффициент, учитывающий степень защиты трансформатора;

- степень защиты IP00: $k = 1$;
- степень защиты выше IP00: $k = 0,5$

Площадь отверстия S в м² (за вычетом площади решеток) для притока воздуха рассчитывается по следующей формуле:

Площадь отверстия S_1 в м² (за вычетом площади решеток) для выхода воздуха рассчитывается по формуле:

$$S_1 = 1,1 \times S$$

Размеры отверстий, рассчитанные по формулам, будут корректны при средней температуре воздуха 20 °С и высоте над уровнем моря до 1000 м.

Если невозможно обеспечить требуемую площадь отверстий для вентиляции, то необходимо предусмотреть принудительную вентиляцию помещения.

Производительность вентиляционной системы в м³/мин:

$$V = 4,5 \times (P_{к.з.} + P_{х.х.}).$$

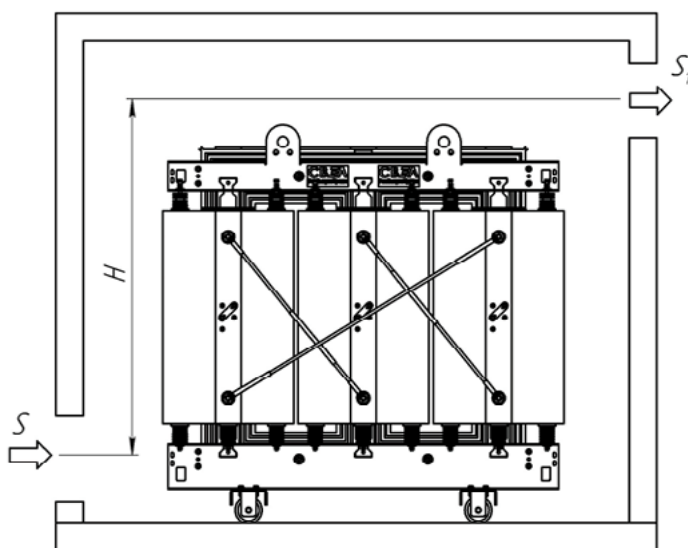


Рисунок В.1 – Пояснительный эскиз для расчета системы вентиляции

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
 (СПРАВОЧНОЕ)

НОРМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Таблица Г.1

НОРМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА			
Климатическое исполнение изделия	Категория размещения	Температура воздуха, °С	
		Верхнее значение	Нижнее значение
У, ТУ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-45*
	3.1	+40	-10***
	5; 5.1	+35	-5
ХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-60
	3.1	+40	-10***
	5; 5.1	+35	-10
УХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-60
	3.1	+40	-10***
	4	+35	+1
	4.1	+25	+10
	4.2	+35	+10
	5; 5.1	+35	-10
ТВ	1; 1.1; 2; 2.1; 3; 3.1	+40	+1
	4	+40	+1
	4.1	+25	+10
	4.2	+45	+10
	5; 5.1	+35	+1
Т, ТС	1; 1.1; 2; 2.1* ⁴ ; 3; 3.1	+50* ⁶	-10
	4* ⁵	+45	+1
	4.1* ⁵	+25	+10
	4.2* ⁵	+45	+10
	5; 5.1	+35	+1
О	1; 1.1; 2; 2.1	+50* ⁶	-60
	4	+45	+1
	4.1	+25	+10
	4.2	+45	+10
	5; 5.1	+35	-10
М	1; 1.1; 2; 2.1; 3; 5; 5.1	+40	-40**
	4; 3.1	+40	-10***
	4.1	+35	+15
	4.2	+40	+1
ТМ	1; 1.1; 2; 2.1; 3; 5; 5.1	+45	+1
	4	+45	+1
	4.1	+25	+10
	4.2	+45	+1
ОМ	1; 1.1; 2; 2.1; 3; 5; 5.1	+45	-40**
	4; 3.1	+45	-10***
	4.1	+35	+15
	4.2	+40	+1

НОРМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Климатическое исполнение изделия	Категория размещения	Температура воздуха, °С	
		Верхнее значение	Нижнее значение
В	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+50* ⁶	-60
	3.1	+50* ⁶	-10***
	4	+45	-10***
	4.1	+25	+10
	4.2	+45	+1
	5; 5.1	+45	-40

* Для исполнения ТУ нижнее значение температуры принимают равным минус 25 °С.

** Для судов, не используемых в районах Северного Ледовитого океана в зимнее время, нижнее рабочее значение температуры принимают равным минус 30 °С

*** Для эксплуатации в нерабочем состоянии (для эксплуатационного хранения и транспортирования) значение принимают таким же, как для категории 3, а для вида климатического исполнения В4 – как для вида исполнения ОМ3.

*4 Для исполнения Т.

*5 Для исполнения ТС.

*6 Для некоторых пунктов Центральной Сахары температуру принимают равной 55 °С.

Таблица Г.2

НОРМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Исполнение изделия	Категория изделия	Относительная влажность	
		Среднегодовое значение	Верхнее значение*
УХЛ	4; 4.1; 4.2	60 % при 20 °С	80 % при 25 °С
У, УХЛ (ХЛ* ⁵), ТУ	1; 2	75 % при 15 °С	100 % при 25 °С
	1.1	70 % при 15 °С	98 % при 25 °С
	2.1; 3; 3.1	75 % при 15 °С	98 % при 25 °С
	5***	90 % при 15 °С	100 % при 25 °С
	5.1	90 % при 15 °С	98 % при 25 °С
ТС	1; 2	40 % при 27 °С	100 % при 25 °С
	1.1; 3; 3.1; 4; 4.1; 4.2	40 % при 27 °С	80 % при 25 °С
	5	90 % при 15 °С	100 % при 25 °С
	5.1	90 % при 15 °С	80 % при 25 °С
ТВ, Т, О, В, ТМ* ⁶ , ОМ**	1; 2; 5	80 % при 27 °С	100 % при 35 °С* ⁴
	1.1	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С
	2.1; 5.1	80 % при 27 °С	98 % при 35 °С
ТВ, Т, В	3	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С
ТМ, ОМ**	3.1	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С
ТВ, О, В, ТМ, ОМ**	4	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С* ⁴
	4.1	60 % при 20 °С	80 % при 25 °С
	4.2	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С
	5	80 % при 22 °С	100 % при 25 °С
М	1; 2	80 % при 22 °С	100 % при 25 °С
	1.1	75 % при 22 °С	98 % при 25 °С
	2.1	80 % при 22 °С	98 % при 25 °С
	3; 4; 3.1	75 % при 22 °С	98 % при 25 °С
	4.1	60 % при 20 °С	80 % при 25 °С
	4.2	75 % при 22 °С	98 % при 25 °С
	5	80 % при 22 °С	100 % при 25 °С
	5.1	80 % при 22 °С	98 % при 25 °С

* Указанное в таблице верхнее значение относительной влажности нормируется также при более низких температурах; при более высоких температурах относительная влажность ниже.

При нормированном верхнем значении 100 % наблюдается конденсация влаги, при нормированных верхних значениях 80 % или 98 % конденсация влаги не наблюдается.

Значению 80 % при 25 °С соответствуют значения 90 % при 20 °С или (50–60) % при 40 °С.

** Для морских судов исполнения ОМ, предназначенных для непродолжительного пребывания в районах с тропическим климатом, значения сочетания температуры и влажности допускается принимать такими же, как и для исполнения М.

*** Для изделий, предназначенных для угольных шахт, значения влажности принимают такими же, как для исполнения Т.

*4 Для изделий видов климатических исполнений ОМ4 и ОМ5, устанавливаемых в машинных и котельных отделениях кораблей, верхнее предельное рабочее значение 100 % при 50 °С.

*5 Для исполнения ХЛ всех категорий размещения, кроме 5; 5.1, среднегодовое значение – 85 % при минус 6 °С.

*6 Для исполнения ТМ категорий размещения 1; 2; 5; 2.1; 5.1 применимо также среднегодовое значение 70 % при 29 °С.

**УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ АО «ГРУППА СВЭЛ»**

620010, Екатеринбург, ул. Чернышевского, стр. 61

Тел.: +7 (343) 253-50-22, 253-50-20

info@svel.ru | svel.ru

**ДЕПАРТАМЕНТ ПРОДАЖ ТРАНСФОРМАТОРОВ
СРЕДНЕГО НАПЯЖЕНИЯ**

620010, Екатеринбург, ул. Альпинистов, стр. 57/2

Тел.: +7 (343) 253-50-21

dry-type@svel.ru | svel.ru

ЕДИНАЯ СЕРВИСНАЯ СЛУЖБА

Россия, 620010, г. Екатеринбург,

ул. Чернышевского, стр. 61

Тел: +7 (343) 253-50-13

Факс: +7 (343) 253-50-18

e-mail: service@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФО**Москва**

Тел.: +7 (495) 913-89-00

msk@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ФО**Санкт-Петербург**

Тел.: +7 (812) 602-29-90

spb@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В СИБИРСКОМ ФО**Новосибирск**

Тел.: +7 (383) 230-56-28

nsk@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В ЮЖНОМ ФО И СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ ФО**Краснодар**

Тел.: +7 (861) 203-15-07, 203-15-08

krs@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В ПРИВОЛЖСКОМ ФО**Казань**

Тел.: +7 (843) 202-08-95

kzn@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В КАЗАХСТАНЕ**Астана**

Тел.: +7 (7172) 24-80-34

astana@svel.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В УЗБЕКИСТАНЕ**Ташкент**

Тел.: +998 71 205 89 66

tash@svel.ru

В связи с постоянным совершенствованием продукции мы оставляем за собой право вносить изменения в содержание данного документа без предварительного уведомления.

Актуальную информацию уточняйте у наших специалистов или на сайте компании.