

Сухие трансформаторы под торговой маркой РУСЭЛТ

Группа «РУСЭЛТ», известный российский производитель промышленного электротехнического оборудования, выпускает большую линейку сухих трансформаторов серий ТСЛ/ТСЗЛ, ТС/ТСЗ, ТСКС. В подробной беседе с директором по проектам Группы «РУСЭЛТ» [Сергеем Карловым](#) мы обсуждаем преимущества сухих трансформаторов, их конструктивные и эксплуатационные особенности, применяемые материалы, создаваемую шумовую нагрузку, факторы ценообразования, возможности применения и многие другие вопросы. ■■■■■

ЦИТАТА: Эти трансформаторы спроектированы таким образом, чтобы выдерживать скачки напряжения в электрической системе, а наши высококачественные конструкционные материалы и производственные процессы гарантируют, что эти трансформаторы могут работать безопасно и с длительным сроком службы.

ИСУП: Сергей Александрович! Давайте поговорим о пожаробезопасности сухих трансформаторов (компоненты, технологии).

С. А. Карлов: Сухие трансформаторы безопаснее своих маслонеполненных аналогов, поскольку при эксплуатации не возникает риска утечки масла или возгорания. Это достигается благодаря тому, что они изготовлены из огнестойких или самозатухающих материалов: магнитопровод состоит из пластин электротехнической стали и обмоток из медного или алюминиевого провода. Изоляция может быть в двух вариантах: из эпоксидной смолы (с дополнительным наполнением и в вакуумной упаковке) или воздушно-барьерная (из арамидной бумаги).

Такой трансформатор обладает повышенной стойкостью к тепловому воздействию, а в случае пожара выделяет минимальное количество токсичных газов и дыма.

Один из ключевых элементов повышенной пожаробезопасности — это мониторинг температуры трансформатора. Для этих целей трансформаторы комплектуются датчиками температуры, блоком контроля температур, шкафом тепловой защиты.

В целом повышенная пожаростойкость сухих трансформаторов достигается за счет использования современных материалов, конструктивной схемы трансформатора и мониторинга температуры. Однако необходимо иметь в виду, что безопасность всегда является комплексной задачей и ис-

пользование только одной из указанных технологий не гарантирует полной безопасности.

ИСУП: Шумовой фон – беда большинства трансформаторов. Какую шумовую нагрузку создают трансформаторы серии ТСЛ/ТСЗЛ?

С. А. Карлов: Источником звука в сухих трансформаторах выступает магнитопровод, и на итоговые значения уровня шума влияют качество электротехнической стали и способ шихтовки. Мы изготавливаем магнитопровод из качественной холоднокатаной анизотропной электротехнической стали, а соединения элементов магнитопровода выполнены по наиболее совершенной из схем шихтовки Step-lap.

При схеме шихтовки Step-lap¹ пластины стержней и ярм собирают в переплет, благодаря чему они не имеют сплошного стыка в плоскости поперечного сечения, что приводит к существенному уменьшению немагнитных зазоров и тока холостого хода. Сборка осуществляется в пять положений со сдвигом относительно друг друга на 15 мм. Такой сдвиг позволяет перекрывать косые стыки и минимизировать зону, в которой направление магнитного потока не совпадает с направлением проката стали, и уменьшить влияние воздушных зазоров. Это уменьшает шум, создаваемый трансформатором в процессе работы. Кроме снижения уровня шума и вибраций, сборка шихтовкой Step-lap позволяет:

- ▶ снизить потери магнитного потока и уменьшить массу ядра трансформатора, что дает возможность экономить на материалах;
- ▶ обеспечить эффективное охлаждение трансформатора, что увеличивает его надежность и долговечность;
- ▶ снизить внутренние потери энергии, что, в свою очередь, увеличивает КПД;
- ▶ повысить устойчивость трансформатора к короткому замыканию, благодаря более равномерному распределению магнитного потока в ядре трансформатора, собранного по схеме шихтовки Step-lap.

Уровень звуковой мощности для сухих литых трансформаторов серии ТСЛ составляет менее 55 дБ (А). Однако важно помнить, что существуют другие факторы, которые могут создавать шумовую нагрузку для трансформаторов, например, вибрация от окружающих объектов или плохое качество установки.

ИСУП: Вопрос об эксплуатации ТСЛ/ТСЗЛ: какова стойкость изоляции к механическому воздействию, окислению, влажности. Что можно сказать о работе при скачках напряжения в сети?

С. А. Карлов: Изоляция сухих трансформаторов ТСЛ/ТСЗЛ обладает высокой устойчивостью к механическим воздействиям, окислению и влаге. Эти трансформаторы спроектированы таким образом, чтобы выдерживать скачки напряжения в электрической

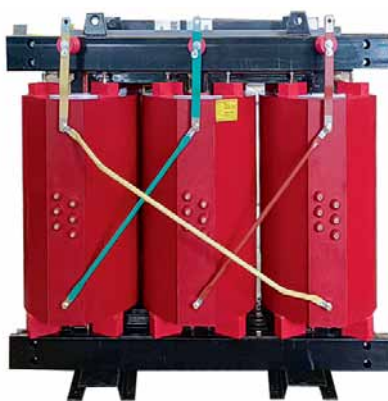


Рис. 1. Сухой трансформатор ТСЛ-100/6

системе, а наши высококачественные конструкционные материалы и производственные процессы гарантируют, что эти трансформаторы могут работать безопасно и с длительным сроком службы.

ИСУП: Какое расположение кабельных вводов могут иметь сухие трансформаторы с литой изоляцией?

С. А. Карлов: Сухие трансформаторы ТСЗЛ с литой пропитанной изоляцией могут иметь кабельный ввод, расположенный в верхней, нижней или боковых стенках трансформатора, — в зависимости от предпочтений заказчика и требований к монтажу.

ИСУП: От каких факторов зависит цена трансформатора с литой изоляцией?

С. А. Карлов: Цена сухого трансформатора с изоляцией из литой смолы зависит от нескольких факторов:



Рис. 2. Трансформатор сухой ТСЗЛ-125/10 с литой изоляцией

номинальной мощности, уровня напряжения, способа охлаждения, типа используемой изоляции, металла обмоток и дополнительной комплектации.

ИСУП: Где вы рекомендуете своим заказчикам применять трансформаторы серии ТСЛ/ТСЗЛ?

С. А. Карлов: Сухие литые трансформаторы серии ТСЛ/ТСЗЛ рекомендуются применять во всех областях электроэнергетики, включая промышленность, жилую застройку, транспорт, телекоммуникации и другие отрасли, где требуется высокое качество и надежность электрооборудования. Эти трансформаторы универсальны и могут использоваться как внутри помещений, так и на открытом воздухе, что делает их хорошим выбором для удовлетворения самых разных требований.

ИСУП: У вас предлагаются трансформаторы с обмотками из алюминия, а по заказу — из меди. В целом разница между свойствами алюминия и меди понятна. Но если брать специфические характеристики трансформатора, то на чем эта разница сказывается?

С. А. Карлов: Разница между сухими трансформаторами с обмотками из алюминия и обмотками из меди заключается в электрической и тепловой проводимости материалов. Медь является лучшим проводником электричества и тепла, чем алюминий. Это означает, что сухие трансформаторы с медными обмотками могут иметь более высокую эффективность и меньше потерь, чем трансформаторы с обмотками из алюминия. Конечно, из-за более высокой стоимости меди трансформаторы с медными обмотками могут быть дороже. Однако при выборе трансформатора важно учитывать его эффективность и долговечность, что может оказаться выгодным в долгосрочной перспективе.

ИСУП: Везде ли допускается использование меди? Ведь есть мнение, что ее использование вообще нежелательно. (Поскольку коэффициент расширения меди отличается от коэффициента расширения смолы, это ведет при работе трансформатора к механическому напряжению и образованию

¹ Дословный перевод с англ. — «шаг внахлест».

микротрещин, что в итоге разрушает обмотку трансформатора.)

С. А. Карлов: Есть ряд условий, при которых применение меди все-таки экономически и технологически обоснованно.

Первое условие – ограниченность пространства. Неопровержимый факт: намотанный медью трансформатор может быть меньшего размера, чем намотанный алюминием (особенно актуально на взрывозащищенных подстанциях).

Второй фактор – агрессивная среда. При эксплуатации в коррозионных атмосферных или экстремальных нагрузочных условиях рекомендуется использовать трансформатор с медными обмотками.

Третье – системы возбуждения. Для систем возбуждения преимущественно рекомендуется выбирать трансформаторы с медными обмотками, так как они имеют более высокую электропроводность и надежность, а также более высокую производительность при высоких температурах и других экстремальных условиях работы.

И наконец, для питания преобразователей также выбирают медь.

ИСУП: Какова максимальная перегрузочная способность у сухих трансформаторов серии ТСЛ?

С. А. Карлов: Максимальная перегрузочная способность сухих трансформаторов серии ТСЛ обычно в 1,5 раза превышает номинальный ток, что делает их пригодными для работы с переходными режимами сети или другими временными скачками нагрузки без повреждений или отказов. Однако конкретная перегрузочная способность будет зависеть от требований заказчика и конструкции трансформатора.

ИСУП: Какой класс нагревостойкости обмоток?

С. А. Карлов: Более высокий класс нагревостойкости обмоток позволяет использовать трансформаторы при более высоких нагрузках и повышенных температурах окружающей среды. Обмотки сухих литых трансформаторов ТС и ТСЗ имеют класс нагревостойкости Н (допустимая температура нагрева до 180 °С). Трансформаторы изготовлены с литой изоляцией с классом нагревостойкости F (150 °С).

ИСУП: На какие напряжения рассчитаны трансформаторы с воздуш-



Рис. 3. Трехфазный сухой трансформатор ТС-100/6

но-барьерной изоляцией линейки ТСЗ? Сужает ли какие-либо рабочие диапазоны изоляция из арамидной бумаги? И наоборот: в чем ее преимущества?

С. А. Карлов: Трансформаторы линейки ТСЗ с воздушно-барьерной изоляцией рассчитаны на напряжения до 35 кВ. Изоляция из арамидной бумаги не сужает рабочие диапазоны, так как она имеет высокую прочность на разрыв и высокую термостабильность, что позволяет ей выдерживать высокие температуры без разрушения. Ее преимущества в том, что она легкая, гибкая, хорошо держит форму, а также обладает хорошей электрической изоляцией и стойкостью к воздействию различных химических веществ. Это позволяет увеличить эффективность и надежность трансформаторов.

ИСУП: А в целом на чем сказывается тип изоляции (литая или воздушно-барьерная)? Какие характеристики или функции от него зависят?

С. А. Карлов: Тип изоляции сухих трансформаторов сказывается на их характеристиках и функциях. Изоляция литых трансформаторов обеспечивает более надежную защиту обмоток от воздействия внешних факторов, таких как пыль, влага, вызывающая коррозию, и т. д. Это повышает эффективность передачи энергии и увеличивает срок службы устройства. Являясь диэлектриком, материал изоляции влияет на емкостные и индуктивные характеристики трансформатора. Чем выше значение емкости между обмотками и корпусом, тем больше ток утечки, что может привести к повреждению и неисправности устройства. Воздушно-барьерная изоляция име-

ет более низкую емкость, чем литая, что делает ее более подходящей для определенных приложений, таких как электроника, где требуется высокая точность и стабильность параметров. Также тип изоляции может влиять на массу и габариты трансформатора. Для трансформаторов больших мощностей и высокого напряжения часто используется литая изоляция, поскольку она обеспечивает более компактный дизайн, что позволяет уменьшить габариты устройства. Однако это также может увеличить массу трансформатора и требования к жесткости конструкции.

ИСУП: Какие сертификаты по сейсмостойкости у вас имеются?

С. А. Карлов: Наши трансформаторы изготавливаются в специальном защитном исполнении, способном выдерживать сейсмические толчки интенсивностью до 9 баллов. Это подтверждено специализированными испытаниями, которые проводились согласно ГОСТ 30546.1-98, ГОСТ 30546.2-98, ГОСТ 30546.3-98. По результатам испытаний доказано, что силовые трансформаторы ТСЗЛ способны выдержать воздействие землетрясения интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64. Это заключение зафиксировано в протоколе аттестации и отражено в сертификате соответствия РОСС RU.32457. 04РИД0. ИЛ06 сроком на 3 года.

Наличие данного сертификата подтверждает высокую квалификацию инженерного персонала АО «Электромаш», а также высокое качество оборудования и возможность его применения на объектах промышленности, где предъявляются высокие требования к сейсмостойкости, в том числе в сейсмоопасных регионах.

ИСУП: Что входит в стандартный комплект поставки?

С. А. Карлов: В базовый комплект поставки трансформаторов входят: термодатчики, катки для перемещения трансформатора, эксплуатационная документация, комплект ЗИП, упаковка.

Также трансформаторы могут быть оснащены дополнительными компонентами: это блок контроля температур, шкаф тепловой защиты, защитный корпус, комплект вентиляторов, виброгасители, комплект трансформаторов тока, устройство регулирования напряжения, ограничитель перена-

пряжения (ОПН), пробивной предохранитель, комплект дополнительных шин.

ИСУП: Расскажите о проблемах, связанных с пуском трансформатора при отрицательной температуре (деградация изоляции и т. д.). Какие рекомендации можно дать относительно холодного пуска?

С. А. Карлов: Пуск сухого трансформатора при отрицательной температуре вызывает ряд проблем, связанных с деградацией изоляции и другими негативными воздействиями на трансформатор. В частности, изоляция трансформатора при низких температурах становится хрупкой и более подверженной разрушению, механическим повреждениям и трещинам. В результате происходит ухудшение электрических и термических свойств трансформатора, что увеличивает вероятность его поломки. Другой проблемой, связанной с пуском сухих трансформаторов при отрицательной температуре, является замерзание изоляции, что может привести к ее физическому разрушению.

Чтобы избежать этих проблем, рекомендуется проводить холодный пуск трансформатора при отрицательной температуре только в случаях крайней необходимости. В первую очередь следует подготовить трансформатор к работе: проверить его изоляцию, протестировать обмотки и убедиться в отсутствии влаги внутри корпуса.

Если пуск все же необходим, следует использовать дополнительные устройства для нагрева трансформатора и его обмоток, что поможет избежать деградации изоляции. Также стоит увеличить время, необходимое для прогрева трансформатора перед его полноценной работой, чтобы избежать возможных повреждений.

ИСУП: На мощность в каком диапазоне рассчитана серия трансформаторов ТСКС?

С. А. Карлов: Трансформаторы ТСКС используются для питания шкафов КРУ класса напряжения 6 (10) кВ и изготавливаются на номинальную мощность 10, 16, 25, 40 кВА.

ИСУП: Что можно сказать о показателях надежности трансформаторов собственных нужд ТСКС?

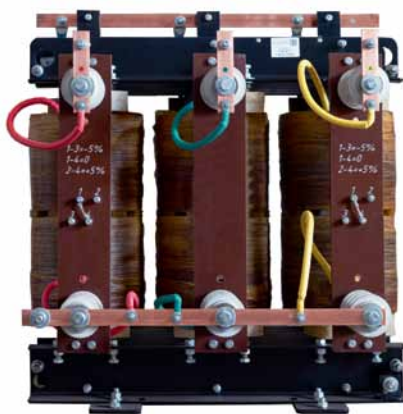


Рис. 4. Трехфазный сухой трансформатор ТСКС-25/6

С. А. Карлов: Укажу некоторые из основных показателей надежности трансформаторов ТСКС:

- ▶ ресурс работы – время, в течение которого трансформатор может работать без серьезных нарушений в работе;
- ▶ стабильность работы – устойчивость трансформатора к изменению рабочих условий;
- ▶ соответствие требованиям технических стандартов;
- ▶ эффективность работы – способность трансформатора к эффективной работе при различных нагрузках и напряжениях;
- ▶ устойчивость к коррозии, возможность работы в различных климатических условиях;
- ▶ степень защиты от внешних воздействий, таких как пыль, влага, загрязнения;
- ▶ совместимость с другими элементами системы электропитания;
- ▶ срок эксплуатации;
- ▶ надежность противопожарной защиты.

ИСУП: За счет каких конструктивных решений обеспечена их способность непрерывно работать неограниченно долгое время?

С. А. Карлов: Сухие трансформаторы обычно имеют низкую тепловую нагрузку, что обеспечивает им долговечность. Перечислю некоторые конструктивные особенности, которые повышают их долговечность:

- ▶ сухие трансформаторы не имеют жидкой изоляции, которая может разлагаться со временем;
- ▶ конструкция сухих трансформаторов предусматривает использование высококачественных материалов,

которые имеют высокую термическую стабильность и не подвержены коррозии;

- ▶ сухие трансформаторы снабжены системой охлаждения, которая максимально эффективно удаляет тепло;
- ▶ конструкция сухих трансформаторов обеспечивает сохранение изоляции и уменьшение образования газов, что увеличивает их долговечность;
- ▶ сухие трансформаторы имеют меньший размер и массу, что облегчает их транспортировку и монтаж, позволяет устанавливать их в более широком диапазоне приложений.

ИСУП: На сайте написано, что по заказу потребителей могут быть изготовлены трансформаторы с другими значениями напряжения. Например, с какими?

С. А. Карлов: Дополнительно мы изготавливаем трансформаторы с напряжением 6,3 и 10,5 кВ, а также 20 и 35 кВ.

ИСУП: Вы предлагаете трансформаторы только собственной модельной линейки или в вашем ассортименте есть аналоги изделий ушедших брендов?

С. А. Карлов: Мы производим и поставляем трансформаторы собственной торговой марки РУСЭЛТ. Мощностной ряд производимых трансформаторов от 16 до 4000 кВа и ряд напряжений до 35 кВ позволяют реализовать большое количество проектов. В редких случаях, при создании комплектных трансформаторных подстанций (КТП), где, согласно проектной документации, заложены масляные трансформаторы, мы обращаемся к производителям данного типа трансформаторов.

ИСУП: Бытует мнение, что небольшие отечественные производители – это повышенный процент брака, малый опыт производства, невыполнение гарантийных обязательств, малые производственные мощности. Давайте попробуем оспорить это мнение.

С. А. Карлов: Первое, что следует отметить: масштаб производства не всегда напрямую связан с его качеством. Крупный производитель не гарантирует отсутствия брака, а не-

большой – совершенно необязательно имеет его повышенный уровень. Конечно, у крупных компаний есть инвестиции в современное оборудование и технологии, что способствует повышению качества продукции, но мелкие производители могут использовать те же инструменты и материалы, достигая такого же результата. Кроме того, небольшие производители зачастую ограничивают свой ассортимент определенным типом продукции, что позволяет более внимательно контролировать все процессы производства и обеспечивать высокоточный контроль качества каждого изделия. Это, в свою очередь, ведет к повыше-

нию качества продукции и уменьшению процента брака. Также не следует забывать, что небольшие производители часто имеют более гибкие условия работы и могут лучше отвечать на индивидуальные потребности покупателей, а также оказывать более высокий уровень обслуживания. Наконец, опыт производства – это вопрос времени. Новые производители могут быстро наработать нужный опыт и знания, особенно если они готовы работать и учиться. Таким образом, обобщенное мнение о небольших отечественных производителях трансформаторов не всегда верно, и не нуж-

но его принимать бездумно. Каждый производитель имеет свои особенности, и стоит оценивать его по достоинству, исходя из конкретной ситуации. Важно обращать внимание на качество продукции и репутацию производителя, а не на его размеры.

Беседовал С. В. Бодрышев,
главный редактор журнала «ИСУП».



Группа «РУСЭЛТ», г. Москва,
тел.: +7 (495) 641-0110,
e-mail: info@ruselt.ru,
сайт: www.ruselt.ru

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

2023

21-24 ноября

Москва, ВДНХ, павильоны №55, 57

ВЫБОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА



МФЭС

К участию в Международном форуме «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ» приглашаются научные, проектные, строительные, эксплуатационные организации электросетевого комплекса России и других стран, производители электротехнического оборудования, элементов ЛЭП, разработчики и производители средств автоматизации, связи, диагностики оборудования, учета электроэнергии, разработчики и производители программного обеспечения, образовательные учреждения и отраслевые СМИ

Задачи МФЭС:

- ◆ Объединение усилий лидеров отрасли по развитию электросетевого комплекса, повышению его надежности и эффективности
- ◆ Определение ключевых направлений импортозамещения

Перспективное взаимодействие по реализации оптимизации и автоматизации бизнес-процессов, а также согласованной работы IT-систем

- ◆ Разработка стандартных пакетных решений по «интеллектуализации» и информативности отрасли

Генеральный информационный партнер:



Информационный партнер:



Организатор:
АО «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»



Телефон: +7 (495) 640-20-80
E-mail: exhibit@twest.ru

www.expoelectroseti.ru