

Оценка существующего положения дел и перспектив применения силовых трансформаторов с литой изоляцией в отечественной и мировой практике

Ионов Федор Николаевич

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Студент

Аннотация

Статья рассматривает состояние, проблемы и направления развития отечественного рынка силовых трансформаторов как импортного, так и российского производства. Ведется оценка характеристик, перспектив качественного совершенствования и доли рынка трансформаторов с литой изоляцией.

Ключевые слова: силовой трансформатор, силовой трансформатор с литой изоляцией, элегазовый трансформатор, экологическая безопасность, рынок силовых трансформаторов.

Evolution of the current state of affairs and application prospects of cast resin transformer in national and world practice

Ionov Fedor Nikolaevich

Far Eastern State Transport University

Student

Abstract

The article considers the condition, problems and directions of development of the national market for power transformers, both imported and Russian. The specifications, prospects for quality improvement and market share of transformers with cast insulation are being evaluated.

Keywords: Power transformer, cast resin transformer, SF₆ gas-insulated transformer, ecological safety, market of power transformer

Проблемой для всей энергетики мира являются потери электроэнергии. Другой не менее важной задачей является повышение экологической безопасности производственных объектов [1]. Одним из направлений в вопросах решения поставленных задач является вывод из эксплуатации устаревших силовых трансформаторов и замена на более энергоэффективные трансформаторы [2].

В электроэнергетике России, также, как и в других странах, в настоящее время в эксплуатации находится огромное количество силовых трансформаторов с длительным сроком службы, в основном составляет 25 лет и более [1]. Замена такого оборудования требует больших экономических

вложений. Кроме того, в настоящее время происходит переход от профилактического ремонта на ремонт оборудования по его техническому состоянию.

Масло маслonaполненных трансформаторов заполняет внутреннее пространство бака и вытесняет оттуда воздух, создавая электрически прочную изоляцию. Одновременно масло является хорошим переносчиком тепла, его используют для охлаждения трансформаторов. Однако масло имеет существенные недостатки, которые повышают пожарную опасность трансформаторов, поскольку оно горит, а его пар в смеси с воздухом загорается под действием электрической дуги, искр и тому подобное. Самым большим недостатком является способность масла к старению, в результате чего в нем появляются смолистые вещества, кислоты и вода. Продукты старения сильно снижают изоляционные свойства. Они оседают на поверхности обмоток и сердечнике, засоряют изоляционные каналы между катушками и, растворяясь в масле, повышают его вязкость. Все это затрудняет теплоотвод и приводит к перегреву обмоток и сердечника, разрушению изоляции проводников, снижению электрической прочности масла и к пробое изоляции, что может привести к образованию в масле мощных электрических дуг и искр. А это, в свою очередь, может повлечь взрыв трансформатора и горения масла, которое вылилось из него.

Анализ работы электрооборудования показывает, что большая часть отказов и повреждений до 76% приходится на маслonaполненные вводы трансформаторов. Такая низкая надежность трансформаторных вводов частично может быть объяснена условиями их работы, влияние температуры верхних слоев масла, которая может достигать 80° С, существенными заводскими дефектами конструкций и изготовления.

По этим причинам в последнее время в технические требования все чаще включаются трансформаторы, изолированные с помощью газа (элегаза) [3]. Однако, применение элегазовых трансформаторов экономически невыгодно по причине того, что элегаз обладает низкой импульсной прочностью и теплопередающей способностью, что заставляет увеличивать его давление внутри бака трансформатора до 2,5 кг/см и выше [3]. Кроме того, важной проблемой является проведение регулярной диагностики состояния ЭГ.

В связи с чем всё чаще применяются сухие трансформаторы, которые соответствуют современным требованиям пожаро- и взрывобезопасности, а также экологической безопасности [4].

Целью статьи является исследование российского рынка силовых трансформаторов с литой изоляцией, выявление положительных и отрицательных характеристик при эксплуатации оборудования, перспектив применения предприятиями потребителями и поставщиками электроэнергии.

Задачами статьи являются анализ перспектив использования трансформаторов с литой изоляцией, а также преимуществ и недостатка определенных производителей, их доля на рынке.

Применение сухих трансформаторов способствует экономии электроэнергии за счет уменьшения потерь в кабельных сетях низкого напряжения, возможности установки трансформаторных подстанций в непосредственной близости к потребителю низкого напряжения.

Использование сухих трансформаторов экономически целесообразнее за счет снижения эксплуатационных затрат, так как:

- отсутствует риск возникновения утечек масла;
- располагаются в непосредственной близости к потребителю;
- имеют меньшие габариты и массу при аналогичной мощности в сравнении с масляными [4].

Сухие силовых трансформаторов с литой изоляцией имеют следующие преимущества:

- экологическая безопасность (отсутствует загрязнитель - масло)
- пожаробезопасность (литая изоляция не подвержена воспламенению, обладает свойствами самогашения). низкий уровень шума;
- высокая устойчивость к токам короткого замыкания;
- возможность работы в сетях, подверженных грозовым и коммутационным перенапряжениям;
- высокая стойкость к механическим усилиям, возникающим в режиме короткого замыкания;
- трансформаторы мощностью 1000 кВА и выше могут иметь нормированное значение напряжения короткого замыкания 6 % или 8 % (последнее делает их более устойчивыми к воздействию токов короткого замыкания);
- более простая конструкция по сравнению с маслянными;
- экономичность (снижение затрат на строительство и обслуживание, снижение потерь за счет расположения в непосредственной близости к потребителю);
- возможность комплектации трансформатора активной вентиляцией (вентиляторами), что улучшения перегрузочных характеристик.
- защита от перегрева и автоматический контроль системы охлаждения.

Вышеперечисленные качества позволяют устанавливать сухие силовые трансформаторы в местах, требующих повышенной промышленной и экологической безопасности, в непосредственной близости к потребителю.

Одним из ведущих производителей сухих трансформаторов с литой изоляцией в России является «Электромашиностроительный завод». Это предприятие уже давно занимается производством промышленной техники, оно имеет огромную материальную базу и большой опыт работы, позволяющий получить качественное оборудование. Преимуществом производителя является низкие потери холостого хода их разработок, доля рынка среди Российских компаний этого сегмента составляет до 15 %.

Еще один производитель сухих трансформаторов с литой изоляцией – «Инвар-Элтранс». Это эксклюзивный производитель, который занимается

изготовлением особых трансформаторов. Все оборудование имеет соответствующие сертификаты качества и безопасности, проходит проверку на всех этапах производства. Трансформаторы перед подачей на продажу проходят проверку на динамическую стойкость и перегрузочную способность. Оборудование соответствует ПУЭ, ПТЭ и необходимым ГОСТам. В связи с особыми видами трансформаторов – а именно нестандартными габаритными размерами, доля рынка варьируется от 5 до 7 %. Однако применение таких трансформаторов возможно в помещениях, к примеру, с низкими потолками.

ЗАО «Электронмаш» также специализируется на изготовлении сухих трансформаторов и представляет свою продукцию на выставках. В ассортименте представлены трансформаторы для собственных нужды объектов, трансформаторы для преобразовательных установок городского транспорта, а также силовые распределительные трансформаторы общего назначения. Компания занимается этим видом деятельности не первый год и может гарантировать качество и долговечность изделий. Стоимость трансформаторов разная, зависит она от многих технических аспектов и характеристик. Особенность производителя в широкой линейке трансформаторов, и поэтому доля их на рынке достигает 30 %.

Рассматривая современный рынок российских производителей сухих трансформаторов можно выделить трансформаторы торговой марки «ТРИАЛ». Данный производитель внедрил все передовые достижения для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности своей продукции. Для достижения высоких показателей пожаро- и взрывобезопасности в состав литой изоляции обмоток входят эпоксидные смолы с инертным и огнестойким наполнителем состоящим из кремнезема (диоксид кремния) и тригидрата алюминия ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Данные компонент позволили усилить механическую прочность изоляции, улучшить распределение тепла и придать следующие уникальные свойства изоляции при внешнем воздействии пламени на трансформатор:

- длительное удерживание температуры изоляции ниже температуры горения, так как разложение тригидрата алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ сопровождается активным поглощением тепловой энергии;

- образование огнеупорного экрана из окиси алюминия Al_2O_3 – глинозема, позволяющим препятствовать воздействию высоких температур на изоляцию обмоток;

- образование парового экрана – паровой рубашки по причине выделения пара при разложении тригидрата алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$, также способствующей сопротивлению высоким температурам и прямому воздействию пламени на обмотки трансформатора

Достигнутые свойства изоляции обмоток позволили достигнуть эффекта самогашения и значительно повысить пожарную безопасность не только трансформатора но и подстанций в целом. Аналоги зарубежного серийного производства представлены трансформаторами произведенными *CRT (cast resin transformer) [4]. Доля рынка упомянутого производителя, в*

связи с современными разработками, последнее время начала увеличиваться и составляет порядка 18 %.

Завод «Трансформер» с 2006 года успешно запустил собственное производство обмоток с литой изоляцией высокой надежности. Производитель обеспечивает не только свое производство трансформаторов, но и осуществляет поставки обмоток производителям в других регионах России, ранее использовавших комплектующие зарубежного производства. Использование комплектующих российского производства также способствует снижению себестоимости конечного продукта и развитию отечественного рынка, что является неоспоримым достоинством. Доля рынка порядка 25 %.

На сегодняшний день на российском рынке представлены трансформаторы более десяти иностранных брендов – Франция, Италия, Словакия, Германия (Trial, Ismet, ТМС, BEZ, Htt и другие); производители из стран СНГ (Казахстан, Беларусь, Азербайджан, Украина) и порядка десяти российских предприятий. Следует отметить, что конкуренция на данном рынке с каждым годом только возрастает, в том числе в связи с выходом на рынок новых производителей из стран ближнего зарубежья – Турция, Китай, Корея [6]. Остановимся на некоторых из них.

ABB Ltd. (Швейцария) – пожалуй, лидер мирового производства. На территории России часть эксплуатируемых трансформаторов около 10 %. Преимущество бренда – повышенная надежность.

Siemens AG (Германия) – не менее известный бренд с мировым именем, часть эксплуатируемых трансформаторов не менее чем у предыдущего. Трансформаторы изготавливаются с повышенным сроком службы.

Crompton Greaves Limited (Индия) – в 1-2 % от установленных в России трансформаторов с литой обмоткой. Преимущества – особые типы для тяжелых условий эксплуатации, таких как влажный или холодный климат.

General Electric (США) – до 5 % на сегодняшний день. Достаточно дорогие решения, однако с соответствующей надежностью.

Eaton Corporation Plc. (Ирландия) – доля установленных трансформаторов составляет 3-4 %. Решения большой мощности для использования, к примеру, в торговых центрах.

Bharat Heavy Electricals Ltd (Индия) и Diamond Power Infrastructure Ltd (Индия) – оба бренда занимают нишу до 2-х % эксплуатируемых трансформаторов. Преимуществом является практически одинаковая с отечественными производителями цена.

Bowers Electricals Ltd (Великобритания) – процент работы в сетях России – 5 %. Используется для работы с резкопеременной нагрузкой, возможно в сетях электротранспорта.

Если же говорить «импортные» или «наши», то, на проверку, отечественные производители обеспечивают комплектующие более высокого качества и предпочтительнее в использовании. Импортные производители на всех стадиях производства делают большой упор на снижение энергоемкости производства, сокращения себестоимости конечного продукта и получения

наибольшего экономического эффекта. Ресурс трансформаторов ограничивается сроком эксплуатации в 10-15 лет. Отечественные производители же делают основной упор на высокую надежность, запас прочности и долговечность работы в жестких климатических условиях [7]. Однако, следует отметить, что несмотря на большой качественный скачок в отечественном производстве сухих трансформаторов, на сегодняшний день общепризнанными мировыми лидерами по производству обмоток с литой изоляцией является компания Siemens [5]. Продукция данного производителя отличается высокотехнологичными и экономичными решениями в совокупности с высокой надежностью и долговечностью, малыми габаритами и массой трансформаторов с высокими эксплуатационными характеристиками.

Оценивая существующее положение дел в данной отрасли, можно смело заявить, что в ближайшие годы тенденция вытеснения масляных трансформаторов эксплуатируемых в закрытых, сухих помещениях, на аналоги с сухой изоляцией, будет только нарастать [8]. Прогнозируя состояние рынка и потребителей в долгосрочной перспективе, можно утверждать что российский рынок придет к показателям европейского, где доля трансформаторов с литой изоляцией уже сегодня составляет около 90%. Присутствие же на российском рынке трансформаторов импортного производства, в том числе таких флагманов как Siemens, подстегнет конкуренцию и будет способствовать совершенствованию производства отечественного продукта.

Таким образом, на основании анализа текущего состояния российского рынка силовых трансформаторов, перспектив и направления его дальнейшего развития можно сформулировать следующие выводы:

1. Российский рынок силовых трансформаторов динамично развивается и на сегодняшний день представлен широким спектром производителей, весомую долю которых представляют отечественные, несмотря на ряд проблемных вопросов, ведется постоянное совершенствование технологий направленных на снижение себестоимости и повышение надежности трансформаторов;

2. Трансформаторы с литой изоляцией, имея ряд преимуществ, несмотря на относительную дороговизну (по сравнению с масляными) с каждым годом занимают все большую часть рынка и имеют большие перспективы к занятию лидирующих позиций.

Можно отметить, что произведен анализ рынка силовых трансформаторов всех видов, на текущий момент, и выявлен большой потенциал развития производства трансформаторов с литой изоляцией, но ввиду относительно недавнего начала ввода их в широкую эксплуатацию источники не в полной мере накопили статистические данные об отказах и узких местах при их эксплуатации.

Библиографический список

1. Проценко П.П., Барас А.В. Снижение потерь электроэнергии при электроснабжении предприятий на основе внедрения усовершенствованных силовых трансформаторов // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2016. С. 201—205.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации "Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации" от 3 апреля 2013 г. № 511-р.
3. Ozgonenel O., Font A., Ilhan S. Electrostatic analysis of SF6 gas insulated distribution transformer // National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering, ELECO 2016. 2017. P. 359—362.
4. Савинцев Ю.М. Сухие силовые трансформаторы: жесткая альтернатива // Главный энергетик. 2013. № 6. С. 20—26.
5. Экспертный анализ рынка силовых трансформаторов России. Часть 2. IV-VIII габарит / Савинцев Ю.М. М.: Издательские решения, 2016. 86 с.
6. Экспертный анализ рынка силовых трансформаторов России. Часть 1 I—III габарит / Савинцев Ю.М. М.: Издательские решения, 2017. 86 с.
7. Савинцев Ю.М. Силовые распределительные трансформаторы: состояние отрасли в современных экономических условиях // Новое в российской электроэнергетике. 2012. № 5. С. 29—Ю.
8. Хавроничев С.В., Сошинов А.Г., Галушак В.С., Копейкина Т.В. Современные тенденции применения аморфных сплавов в магнитопроводах силовых трансформаторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-1. С. 607-610.