
УДК 621.314.222.6

А.С. КАРАЧЁВ, студент гр. ЭПм-191 (КузГТУ)
Научный руководитель Т.Л. ДОЛГОПОЛ, к.т.н., доцент, (КузГТУ)
г. Кемерово

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ В ОБМОТКАХ СОВРЕМЕННЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В настоящее время коэффициент полезного действия традиционных силовых трансформаторов является достаточно высоким, но из-за ежегодного роста цен на электроэнергию вследствие увеличения стоимости энергоносителей, вопрос, связанный с поиском путей снижения потерь, является наиболее актуальным в современной энергетике. Потери в силовых трансформаторах по разным оценкам составляют около 40-60% при передаче и распределении электроэнергии в энергосистеме. На данный момент в электроэнергетической системе Российской Федерации многоступенчатая структура понижения и повышения напряжения, которой присущ такой недостаток как достаточно большие потери электроэнергии, из-за больших расстояний между генерацией и потребителями. Так же стоит отметить тот факт, что 80% силовых трансформаторов выработали свой срок эксплуатационной службы. Но благодаря переходу на трансформаторы с блоками обмоток из лент высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) можно значительно уменьшить нагрузочные потери, а также позаботиться об окружающей среде, так как охлаждение жидким азотом обладает экологической чистотой и безопасностью в отличие от охлаждения трансформаторным маслом[2].

Сверхпроводимость – это свойство определённого материала обладать нулевым электрическим сопротивлением[3].

ВТСП провода, используемые в обмотках современных трансформаторов, имеют вид ВТСП лент на основе керамических соединений. Сверхпроводник, который на металлическую подложку, полностью покрывается защитным слоем: определенным металлом или сплавом, например медью. Как нам известно, медь не обладает свойствами сверхпроводника при температуре жидкого азота, но если сверхпроводник на основе керамики, находящийся под слоем меди, лишится сверхпроводимости, то ток распараллелится между слоями, в соответствии с их резистивным сопротивлением. Ток пропорционален напряжению, которое приложено к данному сопротивлению, поэтому если разрушить сверхпроводимость и тем самым увеличить сопротивление, то ток уменьшится при неизменном напряжении. Степень

того насколько уменьшится ток зависит от сопротивления материалов (металлов или сплавов), окружающих ВТСП-слой[2].

Есть три способа получения сверхпроводимости проводника, то есть разрушения сверхпроводимости:

1. Воздействие на проводник критически высоким током;
2. Воздействие на проводник критически высокой температурой;
3. Воздействие на проводник критически высокой индукцией магнитного поля[3].

ВТСП трансформаторы принципиально не отличаются от традиционных трансформаторов по конструкции и по своей основной функции - трансформации величин токов и напряжений. Но все же их можно выделить, как новый тип электрооборудования, так как они различны с классическими силовыми трансформаторами по внутренней структуре и необходимости постоянного криообеспечения.

Магнитопроводы большинства ВТСП трансформаторов практически не отличаются от магнитопроводов обычных трансформаторов. Единственный вариант, с помощью которого можно увеличить энергоэффективность магнитопровода это применение более современных и совершенных видов стали, что также является актуальным для традиционных трансформаторов. Сердечники данных типов трансформаторов имеют два способа размещения относительно окружающей среды: «холодный магнитопровод» - сердечник расположен внутри криостата и «теплый магнитопровод» - вне криостата.

Применение ВТСП трансформаторов сильно зависит от качества и цены на ВТСП провода (ленты), из которых наматываются обмотки. Также нельзя оставить без внимания вопрос, связанный с механической прочностью и электродинамической устойчивостью обмоток.

Таким образом, трансформаторы, изготовленные на базе обмоток из сверхпроводников, обладают, по сравнению с трансформаторами, обмотки которых выполнены из традиционных проводников, такими преимуществами как:

1. Увеличение КПД трансформатора за счет снижения нагрузочных потерь при номинальном токе на 85-95%;
2. Защита электрооборудования из-за ограничения токов короткого замыкания;
3. Обеспечение стабилизации напряжения, не используя ПБВ или РПН.
4. Значительное уменьшение габаритов трансформатора в среднем на 35%;
5. Меньшая мощность, необходимая для системы охлаждения трансформатора;

6. Значительное уменьшение напряжения короткого замыкания в среднем на 40-60%, из-за ограничения токов короткого замыкания;
7. Большая перегрузочная способность;
8. Меньший уровень шума[2].

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод о том, что, ВТСП трансформаторы являются более энергоэффективными, чем трансформаторы, изготавливающиеся традиционно с обмотками из меди или алюминия. Данный тип трансформатора нацелен в первую очередь, выполнять функции ограничения токов короткого замыкания и снижения нагрузочных потерь. Лишь выполнение этих функций в совокупности с другими преимуществами, относительной классических трансформаторов сделает такой модифицированный тип силового трансформатора востребованным и не заменимым на рынке электрооборудования. Поэтому имеет смысл в дальнейшем продолжать исследование и применять на практике ВТСП материалы в блоках обмоток трансформаторов и постепенно переходить к их внедрению в общепромышленном оборудовании[1].

Список литературы:

1. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учеб. пособие для вузов. – 7-е изд. – М.: ЛЕЛАНД, 2014. – 528 с.
2. Сверхпроводниковая электроэнергетика / В. М. Батенин, В. В. Желтов, С. С. Иванов, С. И. Копылов, С. В. Самойленков // Известия академии наук. Энергетика. – 2011. – № 5. – С. 79–87.
3. Лутидзе, Ш. И. Сверхпроводящие трансформаторы / Ш. И. Лутидзе, Э. А. Джафаров. – М.: Научтехлитиздат, 2002. – 206 с.

Информация об авторах:

Карачёв Андрей Сергеевич, студент гр. ЭПм-191, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, transformator666kv@yandex.ru.

Долгопол Татьяна Леонидовна, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, tdolgopol@yandex.ru.