

УДК 621.31

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДСТАНЦИЙ

Светагор А.А., студент гр. ЭПб-181, III курс  
Научный руководитель: Долгопол Т.Л., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время одной из основных проблем электроснабжения потребителей является наличие потерь электроэнергии в каждом элементе сети, начиная от процесса генерации и заканчивая потерями при передаче, распределении и потреблении электроэнергии. Это оказывает значительное влияние на качество электроэнергии. Вследствие этого, при отклонении питающего напряжения и частоты у потребителей происходит преждевременный износ и выход из строя электрооборудования, что уменьшает безопасность подобной системы электроснабжения.

Потери электроэнергии в своей сущности – это неизбежные энергетические затраты на физические процессы передачи и распределения электроэнергии. Они выражаются в виде преобразованной тепловой энергии, ведущей к нагреву токоведущих частей. Фактические потери электроэнергии можно снизить различными инновационными решениями с применением новых конструкций электрооборудования.

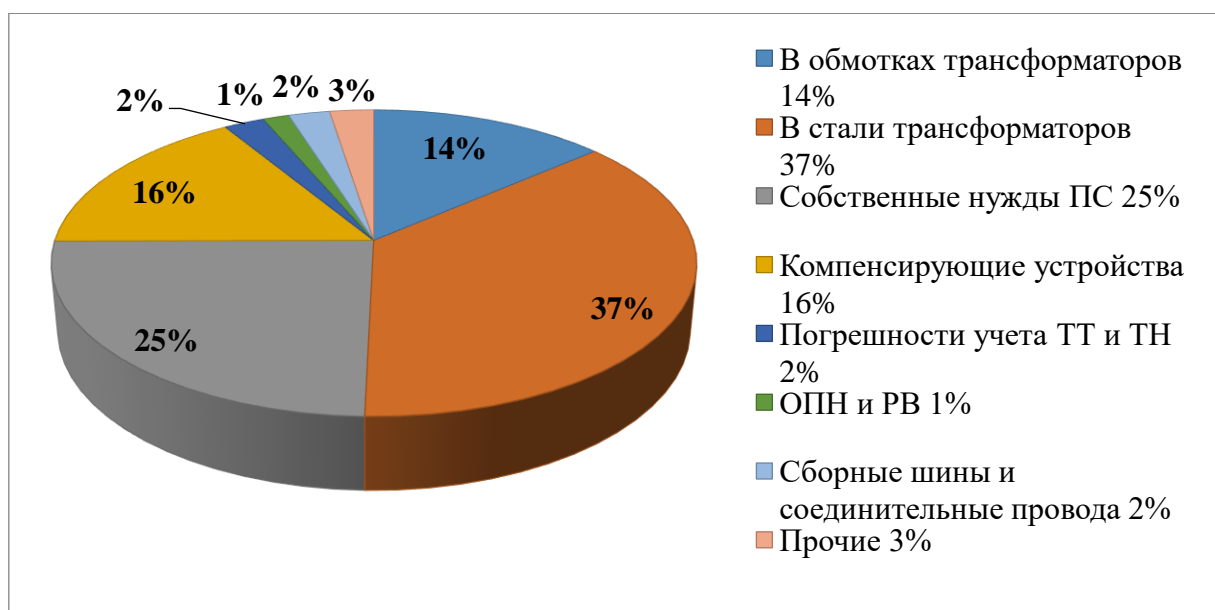


Рис. 1. Структура фактических потерь электроэнергии на подстанции

Как видно из диаграммы (рис.1), основная составляющая потерь электроэнергии сосредоточена в трансформаторе. В настоящее время разработаны

и находят применение энергоэффективные способы использования эффектов сверхпроводимости материалов в обмотках трансформаторов и эффективного формирования магнитного потока в сердечнике из аморфных материалов.

Наиболее перспективным направлением в развитии и совершенствовании конструкций силовых трансформаторов является производство магнитопроводов из аморфной стали или нанокристаллических сплавов. Основное отличие новых сплавов от применяющейся повсеместно для магнитных систем трансформаторов углеродистой электротехнической стали, заключается в структуре их кристаллической решетки. Магнитомягкие аморфные стали имеют узкую петлю гистерезиса, что значительно снижает потери на намагничивание и перемагничивание магнитопроводов трансформаторов. Для получения аморфных сталей применяют их сверхбыстрое охлаждение, в результате чего кристаллизация сплава затруднена, поэтому они и приобретают аморфную структуру. Использование аморфных сталей для магнитопроводов трансформаторов обеспечивает снижение потерь холостого хода более чем в 5 раз.

Недостатками подобных сердечников являются их высокая стоимость и технологическая сложность в изготовлении магнитопровода в силу хрупкости аморфных сплавов. Именно по этой причине впервые полученные аморфные стали имели название «metal glass» - металлическое стекло. Из-за худших механических свойств магнитного материала аморфные трансформаторы имеют массу и габариты несколько большие, чем у традиционных.

Первые аморфные трансформаторы в России были выпущены в 2012 году компанией ЗАО «Трансформер». В настоящее время российские предприятия предлагают полную линейку силовых распределительных трансформаторов с аморфными сердечниками (ТМГА) с номинальной мощностью от 25 до 2500 кВА.

Несмотря на то, что трансформаторы ТМГА являются достаточно новой технологией, уже появилась альтернатива аморфной стали, так называемые, нанокристаллические сплавы. Они имеют сверхмелкокристаллическую структуру, так как размер кристаллов (наночастиц) в этих сплавах составляет от 1 до 10 нм. Новые современные магнитные материалы позволяют существенно снизить потери холостого хода трансформатора, т. е. магнитные потери. Еще одним из способов снижения этих потерь является совершенствование технологии изготовления магнитопроводов, которые позволяют снизить потери магнитного потока.

Еще одной составляющей потерь в силовом трансформаторе являются потери в обмотках (потери короткого замыкания). Традиционное применение меди или алюминия в качестве материала обмоток создают большой нагрев материала в пиковой нагрузке из-за свойства проводника препятствовать прохождению электрического тока. Применение сверхпроводниковых материалов для обмоток трансформатора может решить этот вопрос.

Явление сверхпроводимости связано с почти полным уменьшением сопротивления в материале при температурах близких к абсолютному нулю.

Сверхпроводниковые технологии в настоящее время в мире вышли на тот уровень, на котором с их использованием возможно создание нового поколения электроэнергетического оборудования, существенно превосходящего оборудование традиционного исполнения. Для изготовления обмоток трансформаторов предлагается использовать высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП). ВТСП - трансформатор состоит из обмоток из сверхпроводящей керамики погруженных в жидкий азот, который выполняет роль хладагента и изоляционного материала. Охлаждение магнитной системы до критически низких температур не допускается, поэтому обмотки изолируются от сердечника специальными контейнерами, называемыми криостатами.

ВТСП-трансформаторы по сравнению с традиционными обладают значительными преимуществами. Во-первых, происходит существенное снижение потерь короткого замыкания, при номинальной нагрузке трансформатора – на 90%. Во-вторых, за счет повышения плотности тока в ВТСП-проводах, используемых для обмоток, уменьшаются габариты как самих обмоток, так самого трансформатора. Это обуславливает снижение веса трансформатора на 40%, что облегчает его транспортировку и монтаж. Уменьшенные габариты ВТСП-трансформаторов позволяют использовать их в уже существующих подстанциях без каких-либо конструкционных изменений со значительным увеличением мощности.

Кроме этого, ВТСП-трансформаторы имеют большую перегрузочную способность, чем традиционные, что не приводит к тепловому старению изоляции и уменьшению срока службы трансформатора.

Однако, какой бы не была эффективная технология с применением сверхпроводников, её использование имеет малую рентабельность при текущем уровне цен на ВТСП - провода.

В распределительных трансформаторах, являющихся источниками питания преимущественно однофазной нагрузки, возникают дополнительные потери, связанные с несимметрией нагрузки фаз. Чем больше несимметрия, тем больше величина уравнивающих токов, тем больше дополнительные потери в обмотках трансформатора. Для уменьшения этих потерь в системах электроснабжения бытовой нагрузки следует использовать силовые трансформаторы со схемой соединения «зигзаг» на вторичной стороне или трансформаторы с симметрирующим устройством – дополнительной обмоткой, компенсирующей возникающие уравнивающие токи в обмотках (ТМГСУ).

Еще одной составляющей потерь электроэнергии является расход электроэнергии на собственные нужды подстанций.

К собственным нуждам относится та электроэнергия, которая потребляется вспомогательным оборудованием, обеспечивающим работу основного оборудования для процесса выработки, преобразования и распределения электрической энергии.

На подстанциях электроэнергия расходуется на охлаждение трансформаторов, обогрев, освещение и вентиляцию помещений, обогрев приводов и баков масляных выключателей и другие нужды. На рис.2 представлена круго-

вая диаграмма нормированного расхода электроэнергии на собственные нужды одной из подстанций 220/110/10 кВ.

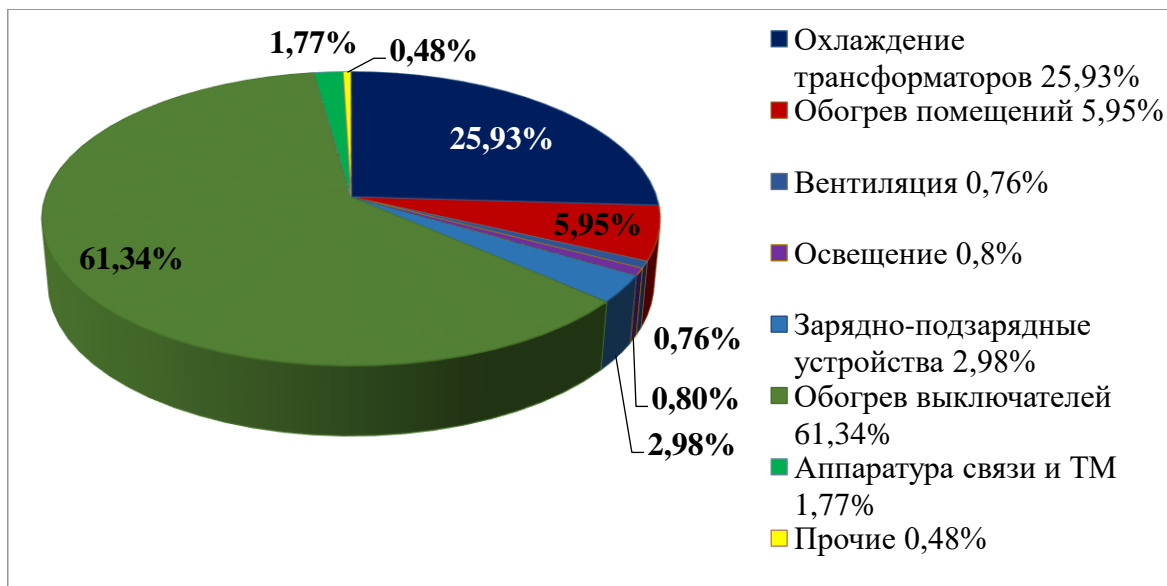


Рис.2. Структура нормированного расхода электроэнергии на собственные нужды подстанции 220/110/10

Значительные затраты на обогрев выключателей на этой подстанции обусловлен преобладанием масляных выключателей на 220 и 110 кВ.

Вторую позицию занимают затраты электроэнергии на охлаждение трансформаторов, которые зависят от вида их системы охлаждения.

Для снижения расхода электроэнергии на нужды подстанции существует ряд технических мероприятий, связанных с заменой устаревшего электрооборудования на новое энергоэффективное.

На большинстве подстанций установлены устаревшие масляные и маломасляные выключатели. В зимний период подстанция расходует электроэнергию на подогревающие устройства для обеспечения нормальной работы выключателей.

Замена масляных выключателей на элегазовые уменьшит потребность в их подогреве и снизит затраты на собственные нужды подстанции. На средние уровни напряжения (6 – 35 кВ) предпочтительнее использовать не элегазовые, а вакуумные выключатели.

Еще одним из мероприятий по снижению затрат на собственные нужды является замена электрического обогрева помещений подстанций на обогрев с использованием теплоактивных составляющих потерь силовых трансформаторов. Применение установки по использованию тепловых потерь силовых трансформаторов значительно уменьшит потребность в электрическом обогреве помещений подстанции. Внедрение данной установки также позволит параллельно уменьшить затраты на работу системы охлаждения трансформаторов.

Таким образом, использование энергоэффективного оборудования, представленного в данной статье, поможет сократить расходы электроэнергии на ее передачу и распределение, а также затраты на собственные нужды подстанций.

#### **Список литературы:**

1. Инновационные технологии и высокотехнологичное оборудование // Территория Нефтегаз. 2010. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-i-vysokotehnologichnoe-oborudovanie> (дата обращения: 14.03.2021).
2. Подъячев Д.П. Повышение эффективности работы двухтрансформаторных подстанций // Вестник молодежной науки. 2018. №3 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-raboty-dvuhtransformatornyh-podstantsiy> (дата обращения: 14.03.2021).
3. Костинский Сергей Сергеевич Обзор состояния отрасли трансформаторного производства и тенденций развития конструкции силовых трансформаторов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2018. №1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sostoyaniya-otrasli-transformatornogo-proizvodstva-i-tendentsiy-razvitiya-konstruktsii-silovyh-transformatorov> (дата обращения: 14.03.2021).