

2. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М. : Энергия, 1975.
3. Риферт В. Г. Исследование теплообмена при ламинарной пленочной конденсации пара на вертикальных мелкорребристых трубах / В. Г. Риферт, А. И. Бутузов, Г. Г. Леонтьев // Судостроение и морские сооружения, Харьков, 1973. – Вып. 21.
4. Риферт, В. Г. Экспериментальное исследование теплообмена при конденсации водяного пара на вертикальной трубе с продольно-проволочным оребрением / В. Г. Риферт, Г. Г. Леонтьев, П. А. Барабаш // Теплоэнергетика. – 1974. – № 6. – С. 33–36.
5. Зозуля, Н. В. Интенсификация процесса теплоотдачи фреона 113 на горизонтальных трубах / Н. В. Зозуля, В. П. Боровиков, В. А. Корху // Холод. техника. – 1969.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ С СЕРДЕЧНИКАМИ ИЗ АМОРФНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. В. Новик

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Алфёрова, канд. техн. наук, доцент

В современных условиях с общим технологическим развитием промышленной отрасли наблюдается повышение общего объема и разветвленности энергопотребления в электрических сетях. При этом растет и уровень требований, предъявляемых к надежности бесперебойного питания и к качеству электроэнергии. Самым эффективным способом решения указанных проблем является разработка и внедрение инновационных конструкций различного электрооборудования [1].

Трансформаторы, как и другие электротехнические устройства в современной ЭЭС, занимают значимое место. Большинство из них являются устаревшими и приводят к существенным потерям в энергосистеме. Одно из решений данной проблемы – это замена существующих традиционных силовых трансформаторов (ТСТ) на трансформаторы с аморфным магнитопроводом (АМТ).

Аморфный сплав, в отличие от традиционной электротехнической стали, обладает следующими свойствами: высокой максимальной проницаемостью, незначительной коэрцитивной силой, высокой индукцией насыщения, высоким удельным сопротивлением. Первые два свойства обеспечивают низкие потери на гистерезис, а последние – низкие потери на вихревые токи [2]. Высокое удельное сопротивление материала является основным критерием для объяснения низких потерь на вихревые токи. Магнитное поле, создаваемое четырьмя обмотками, пронизывает магнитопровод. Под действием изменяющегося магнитного поля, возникают токи Фуко. Так как сопротивление магнитопровода велико, то сила индукционного тока будет мала. Принимая во внимание правило Ленца, токи в магнитопроводе, наведенные обмотками, будут выбирать путь, чтобы в наибольшей мере противодействовать причине, вызывающей их протекание. Следовательно, высокое удельное сопротивление будет обеспечивать низкие потери на вихревые токи.

Анализ физических процессов и результаты эксплуатации АМТ показал, что принципиальная разница в магнитной структуре аморфных магнитных материалов и электротехнической трансформаторной стали SiFe находит отражение в одной из основных характеристик магнитопроводов ТСТ, которой являются потери в стали $\Delta S_{ст} = \Delta P_{ст} + j\Delta Q_{ст}$, где $\Delta P_{ст}$ и $\Delta Q_{ст}$ приближенно определяются значениями активной и реактивной мощности в режиме холостого хода. При этом зависимость их магнит-

ных потерь от частоты близка к квадратичной и, кроме того, для АМТ характерно насыщение, особенно на высоких частотах [3].

Отметим также, что ежегодные затраты на обслуживание одного среднего по мощности из ряда распределительных ТСТ составляют примерно 8 % от его первоначальной стоимости. Опыт эксплуатации в США на протяжении уже более 20 лет говорит о том, что аналогичные затраты для АМТ не превосходят указанного выше значения. Более полную и практически исчерпывающую информацию для сравнения АМТ и ТСТ дает динамическая оценка с помощью компьютерных экспериментов и данных эксплуатации.

Поэтому для фрагмента распределительной сети 6 кВ ОАО «Светлогорский ЦКК» РУ 6 кВ (рис. 1) был организован компьютерный эксперимент, в котором на семи трансформаторных подстанциях смоделирована замена традиционных СТ на АМТ, марки и номинальные мощности которых приведены в таблице.

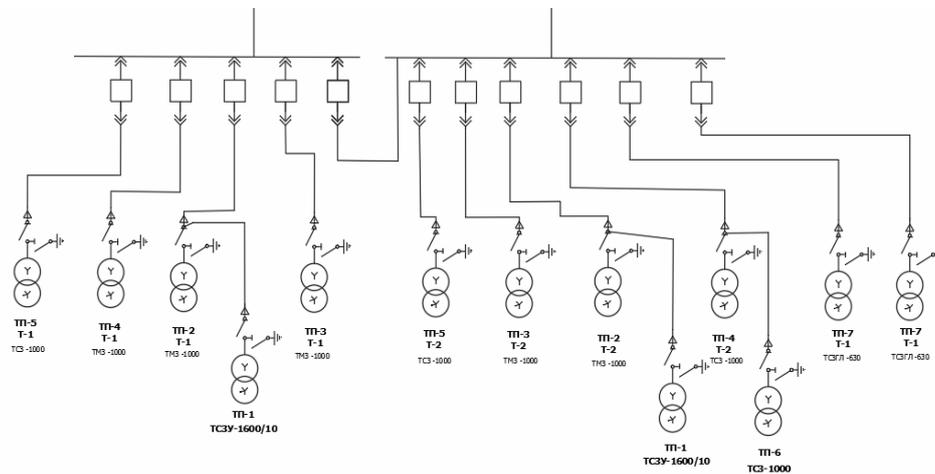


Рис 1. Фрагмент распределительной сети ОАО «Светлогорский ЦКК»

Замена традиционных силовых трансформаторов в сети 6 кВ на аморфные магнитопроводы

Название ТП	Марка СТ	Марка АМТ
ТП-1	ТСЗУ-1600	ТС(3)ЛА-1600
ТП-2	ТМЗ-1000	ТС(3)ЛА-1000
ТП-3	ТМЗ-1000	ТС(3)ЛА-1000
ТП-4	ТМЗ-1000	ТС(3)ЛА-1000
ТП-5	ТС3-1000	ТС(3)ЛА-1000
ТП-6	ТС3-1000	ТС(3)ЛА-1000
ТП-7	ТСЗГЛ-630	ТС(3)ЛА-630

Физической основой компьютерных экспериментов является определение потерь активной и реактивной мощности в АМТ и ТСТ по известным выражениям:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} k_3^2;$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_{\text{xx}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} S_{\text{ном}} K_3^2;$$

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2}.$$

Оценим эффективность применения АМТ по сравнению с ТСТ, определяя потери только в трансформаторах схемы на рис. 1, при допущении равенства относительной загрузки всех трансформаторов.

Проведение компьютерного эксперимента осуществляется в следующей последовательности:

1. Для заданного значения, равного относительной загрузке для каждого трансформатора, рассчитывается абсолютная величина потерь для АМТ и ТСТ.

2. Рассчитывается величина суммарных относительных потерь и определяется условная эффективность:

$$\Delta \Pi = \frac{\sum_{i=1}^{13} \Delta S_{\text{тp}i}}{\sum_{i=1}^{13} \Delta S_{\text{ном}i}};$$

$$\varepsilon = 1 - \Delta \Pi.$$

Полученные экспериментальные результаты представлены на графиках (рис. 2 и 3), из анализа которых следует, что энергоэффективность трансформаторов из аморфного сплава выше, чем трансформаторов с традиционным исполнением магнитопровода.

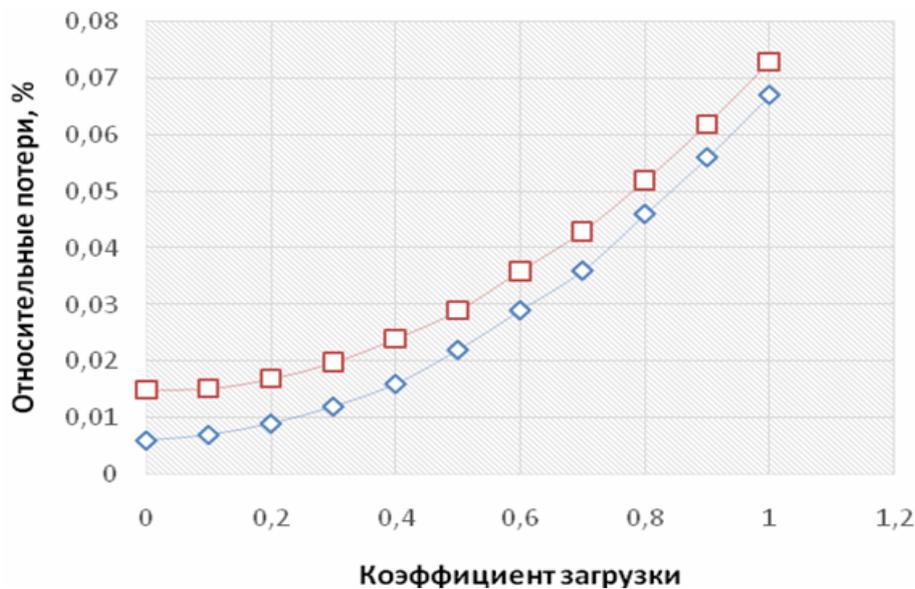


Рис. 2. График зависимости суммарных относительных потерь трансформатора от общего коэффициента загрузки:

—◇— аморфные; —□— традиционные

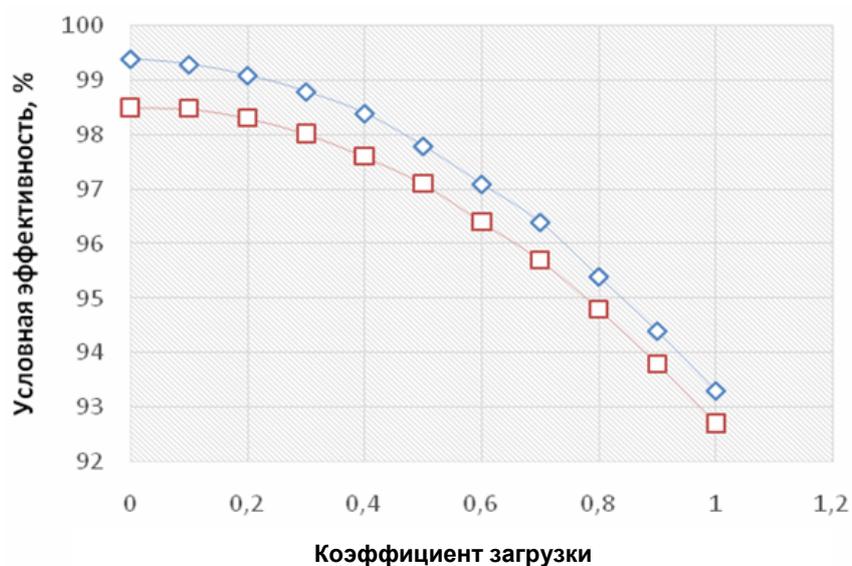


Рис. 3. График зависимости суммарной эффективности трансформаторов от коэффициента загрузки:
 —◇— аморфные; —□— традиционные

Таким образом, применение трансформаторов с сердечниками из аморфных материалов является одним из перспективных направлений энергосбережения на промышленных предприятиях.

Л и т е р а т у р а

1. Савинцев, Ю. М. Анализ состояния производства в РФ силовых масляных трансформаторов I–III габаритов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2012. – № 1. – С. 43–53.
2. Александров, Н. В. Исследование влияния сверхпроводниковых трансформаторов на режимы электроэнергетических систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Александров // НГТУ: Новосибирск, 2014.
3. Анализ эксплуатационных свойств трансформаторов с сердечниками из аморфных материалов и защита их с помощью нелинейных ограничителей перенапряжений / В. Г. Гольдштейн [и др.] // Вестн. Самар. ГТУ. Техн. науки. – 2013. – № 4 (40). – С. 149–157.

ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ В СВЯЗИ С ВВОДОМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ БелАЭС

С. Д. Паруков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. Ю. Морозова

В статье рассматриваются основные направления проекта программы, связанной с развитием и модернизацией энергоисточников, электрических и тепловых сетей, совершенствованием нормативной правовой базы и организационной структуры управления энергетической системой, развитием цифровых информационных технологий и сетей. Все перечисленные направления будут развиваться в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции. Помимо этого в результате ввода БелАЭС коренным образом меняются режимы работы всех других генерирующих источников, что требует обоснованных решений по оптимизации их оборотования для снижения условно-постоянных затрат.