

Список использованных источников

1. Научно-производственная фирма «Энергосоюз». Разработка и производство средств АСУ ТП в электроэнергетике. – 2021. – 27с. – Санкт-Петербург.

2. Предприятие средств диспетчерского и технологического управления РУП «Гродноэнерго». 30 лет со дня образования. – 2021. – 236с. – г. Гродно.

**Зеленькевич А.И., ст. преподаватель**  
**УО «Белорусский государственный аграрный технический**  
**университет», Минск, Республика Беларусь**  
**КРИТЕРИИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ**  
**ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ**  
**ТРАНСФОРМАТОРА**

Трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1] имеет нулевую группу соединений обмоток, обеспечивает высокую синусоидальность кривых тока нагрузки и напряжения и обладает хорошими симметрирующими свойствами [2].

При изготовлении производители стремятся получить трансформатор с минимальными капитальными затратами, а эксплуатирующие организации стремятся использовать трансформатор с минимальными издержками при эксплуатации, что порождает определенные противоречия. Поэтому при проектировании необходимо получить трансформатор, у которого первоначальные капитальные вложения в сумме с текущими затратами на его эксплуатацию за определенный промежуток времени будут минимальными, что обеспечивает наиболее дешевую трансформацию энергии. В качестве оптимизируемой функции приняты СДЗ, состоящие из капиталовложений на производство трансформатора, издержек на эксплуатацию, включающих стоимость потерь электроэнергии в трансформаторе. В качестве параметров оптимизации приняты плотности токов в первичной и вторичной обмотках, диаметр и высота стержней магнитопровода, величина магнитной индукции в магнитопроводе.

Годовые издержки при эксплуатации трансформатора формируются из амортизационных отчислений  $I_A$ , издержек на обслуживание  $I_O$  и стоимости потерь электроэнергии  $I_{ПЭ}$ :

$$I_{\Sigma} = I_A + I_O + I_{ПЭ},$$

где  $I_A$  – амортизационные отчисления, руб.,

$I_O$  – издержки на обслуживание, руб.,

$I_{ПЭ}$  – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Стоимость годовых потерь электроэнергии

$$I_{ПЭ} = \Delta W_T c_{\Sigma},$$

где  $\Delta W_T$  – годовые потери электроэнергии в трансформаторе, кВт·ч/год;

$c_{\Sigma}$  – тариф на электроэнергию, руб./(кВт·ч).

Годовые потери электроэнергии равны:

$$\Delta W_T = (P_K + k_{\Sigma} Q_K) \left( \frac{S_{\max}}{S_H} \right)^2 \tau_{\Sigma} + (P_X + k_{\Sigma} Q_X) t_X,$$

где  $P_K$  – потери короткого замыкания, кВт;

$P_X$  – потери холостого хода, кВт;

$k_{\Sigma}$  – экономический эквивалент, показывающий величину активной мощности, необходимой для производства и распределения единицы реактивной мощности, о.е.;

$Q_K$  – реактивная составляющая мощности короткого замыкания трансформатора, кВ·Ар;

$S_{\max}$  – максимальная загрузка трансформатора, кВ·А;

$S_H$  – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$\tau_{\Sigma}$  – время максимальных потерь, ч/год;

$t_X$  – продолжительность работы трансформатора за год, ч/год.

Величина капиталовложений на изготовление трансформатора для различных вариантов расчета в наибольшей степени определяется стоимостью активной части. Поэтому для упрощения

расчета ограничимся учетом капиталовложений только на активную часть трансформатора, которые равны:

$$K = K_{\text{из.пр.}} Z_M (G_1 + G_2) + K_{\text{изг.ст.}} K_{\text{отх}} Z_{\text{СТ}} (G_{\text{я}} + G_{\text{С}}) + Z_{\text{масл}} G_{\text{м.б}} ,$$

где  $K_{\text{из.пр.}}$  – коэффициент, учитывающий стоимость изоляционных материалов и стоимость изготовления обмотки, о.е.;

$Z_M$  – стоимость обмоточного провода, руб./кг;

$G_1, G_2$  – масса обмоток, соответственно, высшего и низшего напряжений, кг;

$K_{\text{изг.ст.}}$  – коэффициент, учитывающий стоимость изготовления магнитопровода, о.е.;

$K_{\text{отх}}$  – коэффициент, учитывающий отходы при раскрое стали, о.е.;

$Z_{\text{СТ}}$  – стоимость электротехнической стали, руб./кг;

$G_{\text{я}}, G_{\text{С}}$  – масса ярм и стержней магнитопровода, кг.

$Z_{\text{масл}}$  – стоимость трансформаторного масла, руб./кг;

$G_{\text{м.б}}$  – масса масла в баке, кг.

Тогда, совокупные дисконтированные затраты:

$$СДЗ = K + (I_{\text{ПЭ}} - I_{\text{А}}) \alpha_T ,$$

где  $\alpha_T$  – дисконтирующий множитель.

Трансформатор будет наилучшим, если он выполнен с параметрами, обеспечивающими наименьшие СДЗ за расчетный период, т.е.

$$СДЗ \rightarrow \min .$$

Конструктивные размеры трансформатора, соответствующие наименьшим СДЗ, будут являться оптимальными.

Список использованной литературы

1. Патент №16008 Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» – № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180–181.

2. Прищепов, М.А. Перспективный силовой трансформатор с улучшенными характеристиками для сельских электрических сетей / М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, № 3. – С. 355–366.

**УДК 629.123: 665.61**

**Дронченко В.А., к.т.н.; Семенов В.И., к.т.н.  
Полоцкий государственный университет  
СПОСОБ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ОКСИДОВ АЗОТА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ**

В настоящее время проблема защиты окружающей среды от вредных выбросов, образующихся при использовании ископаемого топлива, в том числе и природного газа, привлекает внимание не только ученых, но и всей мировой общественности [1, 2]. Ежегодные выбросы основных токсичных веществ составляют (млн тонн): оксида углерода – 300, оксидов азота – 50 [1].

Котельные установки, которые имеют многие предприятия агропромышленного комплекса, относятся как к крупным потребителям топливно-энергетических ресурсов, так и к крупным источникам выбросов загрязняющих веществ [1]. За эти выбросы предприятия производят уплату экологического налога. Согласно Налоговому кодексу Республики Беларусь (Особенная часть) от 29 декабря 2009 г. № 71-3 [52] (с учетом изменений и дополнений) ставки экологического налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух суммарно за 1 тонну веществ составляют (BYN): второго класса опасности – 826,95; третьего класса опасности – 273,34; четвертого класса опасности – 135,84 [136].

На рисунке 1 (на примере  $\text{NO}_2$ , относящегося к веществам второго класса опасности) представлено изменение экологического налога за выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух за последние 10 лет. Ставка выросла более чем в 6 раз. Это должно мотивировать предприятия на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В Полоцком государственном университете проведены исследования [1, 3], которые показали, что сокращение времени пребыва-