

УДК 621.314.21

## **СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ**

Сафонова О.А., студент гр. ЭРб-161, IV курс

Научный руководитель: Попова О.В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Потери электроэнергии в трансформаторах являются одним из видов технических потерь электроэнергии, которые обусловлены особенностями физических процессов, протекающих во время передачи энергии. Передача электрической энергии от ее источника к ее потребителю всегда связана с потерей некоторого количества мощности и энергии в системе электроснабжения. Сюда относятся потери электроэнергии в линиях электропередач и в трансформаторах.

Снижение потерь электроэнергии – одна из главных задач при производстве трансформаторов. Потери составляют около 30%, поэтому данная проблема очень актуальна.

При вводе трансформатора в работу образование потерь – неизбежный процесс. Потери в трансформаторах бывают холостого хода и нагрузочные. Возникают соответственно из-за перемагничивания аморфной стали сердечника и потерь обмоток и дополнительных потерь в стенках бака и других частях, выполненных из металла.

Некоторое время назад при производстве трансформаторов использовалась горячекатаная сталь. Но ее заменили на холоднокатанную, так как она, в свою очередь, имеет ориентированную структуру зерен. Помимо этого, данная сталь обладает высокой магнитной проницаемостью и низкой потерей при магнитном потоке в продольном направлении (в направлении проката).

При возрастании капитализированной стоимости нагрузочных потерь правильным будет повышение индукции, чтобы уменьшить число витков. Нагрузочные потери будут уменьшаться. Учитывая эти факторы, потребовалось создать такой вид стали, которая могла бы работать при высоких значениях индукции и иметь низкие удельные потери.

Потери холостого хода удалось снизить благодаря применению улучшенных марок стали, было произведено усовершенствование процесса изготовления магнитной системы и раскройки стали, усовершенствовали стыки листов и конструкцию сердечника.

С момента начала использования трансформаторной стали ее качество становится все лучше и лучше.

Благодаря улучшению ориентации доменов и их очищению, уменьшению толщины листов стало происходить улучшение характеристик стали.

Снижение нагрузочных потерь не сопровождается существенным улучшением материалов, как это происходит при потерях холостого хода.

Как известно, нагрузочные потери состоят из добавочных потерь из-за вихревых токов в проводе и поверхностного эффекта, а также в них входят потери в стенках бака и частях конструкций, состоящих из металла.

Для расчета потерь электроэнергии в трансформаторах необходимо иметь следующие паспортные данные:

- номинальную мощность трансформатора,  $S_n$ , кВт;
- потери холостого хода,  $\Delta P_{xx}$ , кВт и короткого замыкания,  $\Delta P_{кз}$ , кВт при номинальном напряжении;
- количество электроэнергии ( $\mathcal{E}_a$ , кВт·ч;  $\mathcal{E}_p$ , кВАр·ч), учтенной за расчетный период по счетчикам, которые устанавливаются на стороне высокого напряжения понижающего трансформатора;
- число часов работы трансформатора на номинальной нагрузке  $\tau_{\text{раб}}$ , которое принимается следующим образом: односменный режим работы – 200 часов, двусменный—450 часов, трехсменный – 700 часов в месяц;
- полное число часов работы трансформатора  $\tau_n$ , которое принимается за апрель, июнь, сентябрь, ноябрь – 720 часов в месяц, за февраль – 672 часа в месяц (696 часов в високосный год), а в остальные месяцы – 744 часа в месяц.

На основании этих данных определяется средневзвешенный коэффициент мощности  $\cos\varphi$  из следующего соотношения:  $tg\varphi = \mathcal{E}_p / \mathcal{E}_a$ .

Бывают такие ситуации, когда отсутствуют счетчики реактивной энергии. В таких случаях взамен  $\cos\varphi$  принимают фактический коэффициент степени компенсации реактивной мощности. Он используется для расчетов за компенсацию реактивной мощности:  $tg\varphi = Q_M / P_M$ , который переводится в  $\cos\varphi_n \approx \cos\varphi_{cp}$ .

Коэффициент нагрузки трансформатора:

$$K_n = \frac{\mathcal{E}_a}{S_n \tau_n \cos\varphi_{cp}} \quad (1)$$

Потери электроэнергии в трансформаторах:

$$\Delta E = \Delta P_{xx} \cdot \tau_n + \Delta P_{кз} \cdot K_n^2 \cdot \tau_{\text{раб}} \quad (2)$$

Следует учитывать, что данный расчет относится только к двухобмоточным трансформаторам.

Чтобы произвести расчет в трехобмоточных трансформаторах, нужно еще знать следующие паспортные данные:

– номинальная мощность обмоток высшего, среднего и низшего напряжения:  $S_{НН}$ ,  $S_{СН}$ ,  $S_{ВН}$  (даются в процентах от номинальной мощности), кВА;

– потери короткого замыкания обмоток высшего, среднего, и низшего напряжений при их полной нагрузке:  $\Delta P_{НН}$ ,  $\Delta P_{СН}$ ,  $\Delta P_{ВН}$ , кВт.

Фактическое количество электроэнергии, прошедшей через обмотки, будет вычисляться по формуле (3):

$$\mathcal{E}_{ВН} = \mathcal{E}_{СН} + \mathcal{E}_{НН}. \quad (3)$$

Коэффициент нагрузки каждой из обмоток трансформатора определяется по следующим формулам(4-6):

$$K_{ВН} = \frac{\mathcal{E}_{аВН}}{S_{ВН} \tau_{ВН} \cos \varphi_{ср}}; \quad (4)$$

$$K_{СН} = \frac{\mathcal{E}_{аСН}}{S_{СН} \tau_{СН} \cos \varphi_{ср}}; \quad (5)$$

$$K_{НН} = \frac{\mathcal{E}_{аНН}}{S_{НН} \tau_{НН} \cos \varphi_{ср}}. \quad (6)$$

Потери электроэнергии определяются следующим образом (7):

$$\Delta E = \Delta P_{xx} \cdot \tau_n + (\Delta P_{ВН}^{КЗ} \cdot K_{ВН}^2 + \Delta P_{СН}^{КЗ} \cdot K_{СН}^2 + \Delta P_{НН}^{КЗ} \cdot K_{НН}^2) \cdot \tau_{раб}. \quad (7)$$

Улучшение работы шунтирующих реакторов и охлаждающих систем трансформатора также приведет к снижению потерь электроэнергии. Поэтому на это тоже нужно обратить внимание.

В современном мире производство не стоит на месте. Микропроцессорные устройства, изготовление которых налажено уже достаточно длительное время, вышли на высокий уровень: они способны в зависимости от температуры окружающей среды и температуры масла внутри баков улучшить длительность и качество работы охлаждающих устройств. Вместе с этим происходит осуществление снижения расходов электроэнергии на питание обдувов.

Спектр работ, проводимых под напряжением, достаточно широк. И выполнение определенных работ именно таким образом способствует снижению потерь электроэнергии и поможет в увеличении эффективности использования трансформатора. Это зависит от режима, в котором проводится ремонт: в ремонтном режиме потери в сети будут больше, чем в нормальном режиме работы трансформатора.

Так как в трансформаторе потери электроэнергии очень существенны, нужно направить внимание для достижения наименьших потерь благодаря более точному подбору количества работающих трансформаторов и их мощности. Для этих действий не нужны специально обученные люди, ведь эти действия может произвести работающий персонал. Помимо количества и мощности нужно учесть и действительную нагрузку. Также нужно

произвести сокращение времени холостых ходов во время небольшой нагрузки.

Снижение потерь электроэнергии – одна из главных задач при производстве трансформатора. Существуют следующие способы их уменьшения: замена горячекатанной стали на холоднокатанную, улучшение работы охлаждающей системы трансформатора, правильный подбор мощности и количества трансформаторов.

Так как наиболее выгодным режимом работы трансформатора является режим его работы при полной загрузке, то наиболее эффективным способом по снижению потерь электроэнергии в силовых трансформаторах является правильный подбор мощности трансформаторов на стадии проектирования и замена работающих недогруженных трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности. Благодаря этому увеличится и их срок службы.

### **Список литературы:**

1. Железко, Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев. – М.: ЭНАС. - 2015.
2. Энергоаудит систем электроснабжения [электронный ресурс] Режим доступа: [https://eprints.kname.edu.ua/5764/10/Глава\\_8.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/5764/10/Глава_8.pdf).