

УДК 621.316

Активная мощность гармонических составляющих тока силового трансформатора

Тарарай А.О., Ермолинская Л.Э.

Научный руководитель – к.т.н., доцент СУХОДОЛОВ Ю.В.

Потери электроэнергии в трансформаторах – один из видов технических потерь электроэнергии, обусловленных особенностями физических процессов, происходящих при передаче энергии.

Существуют два вида причин, из-за которых происходит рост потребления энергии оборудованием. На них влияют различные факторы. Их делят на магнитные и электрические.

Электрические потери. Снижение мощности может определяться в обмотках при их нагреве током. В сетях на такие затраты приходится 4-7% от общего количества потребляемой энергии. Они зависят от нескольких факторов. К ним относятся: электрическая нагрузка системы, конфигурация внутренних сетей, их длина и размер сечения, режим работы, средневзвешенный коэффициент мощности системы, расположение компенсационных устройств.

Потери мощности в трансформаторах являются величиной переменной. На нее влияет показатель квадрата тока в контурах.

Магнитные потери. Происходят главным образом в магнитопроводе трансформатора. Причина этих потерь — систематическое перемагничивание магнитопровода переменным магнитным полем. Это перемагничивание вызывает в магнитопроводе два вида магнитных потерь: потери от гистерезиса P_H , связанные с затратой энергии на уничтожение остаточного магнетизма в ферромагнитном материале магнитопровода, и потери от вихревых токов $P_{вт}$, наводимых переменным магнитным полем в пластинах магнитопровода.

Для количественной и качественной оценки этого явления ввели понятие потерь мощности. Изменение намагничивания сердечника (магнитной индукции) всегда отстает от соответствующих изменений магнитного потока (напряженности магнитного поля), создаваемого обмоткой.

Это отставание магнитной индукции от напряженности магнитного поля носит название гистерезиса. При каждом новом намагничивании сердечника для уничтожения его остаточного магнетизма приходится действовать на сердечник магнитным потоком противоположного направления.

По площади, которую занимает петля на графике, можно судить об электрической мощности, которая расходуется на процессы перемагничивания.

Измерения по площади больше относятся к графическим расчетам и не могут использоваться при анализе потерь в энергетической системе.

Данный вопрос об измерении потерь энергии по площади петли гистерезиса описан в [1].

Целью изобретения является повышение производительности и точности измерений.

Поставленная цель достигается тем, что образец намагничивают поочередно синусоидальным током и синусоидальным напряжением при одной и той же активной мощности, потребляемой цепью намагничивания, фиксируют площадь петель гистерезиса в обоих. Разность измеренных площадей петель гистерезиса дает в определенном масштабе потерю энергии от высших гармоник.

Однако применение указанного способа для измерения потерь от высших гармоник намагничивающего тока в электромагнитном устройстве с ферромагнитным сердечником большой мощности трудоемко и связано с большими капитальными затратами, т.к. для намагничивания сердечника необходимо иметь источник синусоидального тока, превосходящий по мощности в несколько раз мощность испытуемого электромагнитного устройства.

Более простой способ измерения потерь описан в [2].

Для упрощения измерений измеряют коэффициент гармоник намагничивающего тока, по величине произведения активной мощности на квадрат коэффициента гармоник судят о величине потерь от высших гармоник.

$$P_{в.г.} = P \cdot K_{г.}^2$$

Для достижения поставленной цели необходимо и достаточно измерить только коэффициент гармоник намагничивающего тока. Учитывая, что коэффициент гармоник определяется с помощью измерителей нелинейных искажений, то для коэффициента гармоник принимается следующая формулировка: коэффициент гармоник несинусоидальной периодической функции – есть отношение действующего значения высших гармоник к эффективному значению этой функции.

Вышеприведенному способу присущи следующие недостатки:

- Использование параметра, измеряемого измерителями нелинейных искажений как коэффициента гармоник, возможно только при незначительном искажении сигнала, когда $K_r < 1$, что ограничивает применение способа;
- При больших значениях K_r уравнение измерительного преобразования прототипа будет давать высокие погрешности, соизмеримые с самим измеряемым параметром;
- Высокая погрешность, обусловленная тем, что не учитываются фазовые соотношения высших гармонических составляющих тока.

Задачей способа, описанного в [3] является устранение вышеприведенных недостатков.

Поставленная задача достигается тем, что активную мощность высших гармонических составляющих тока, протекающего через нелинейную электромагнитную нагрузку, определяют с учетом соотношения амплитуд и начальных фаз гармонических составляющих тока без ограничений, связанных с особенностями измерений. Подают на упомянутую нагрузку питающее напряжение и определяют активную мощность P_1 на частоте первой гармонической составляющей упомянутого тока, коэффициент высшей составляющей тока:

$$K_{i(2n-1)} = \frac{I_{(2n-1)}}{I_1},$$

где $n=2,3,\dots$ - целое число;

$I_{(2n-1)}$ – действующее значение высшей гармоники тока;

I_1 – действующее значение первой гармонической составляющей тока.

И в соответствии с ГОСТ 32144-2013

$$K_{\psi(2n-1)} = \frac{|\psi_{(2n-1)}|}{|\psi_1|},$$

где $\psi_{(2n-1)}$ – начальная фаза высшей гармонической составляющей тока в радианах;

ψ_1 – начальная фаза первой гармонической составляющей тока в радианах.

Литература

1. Патент Союза ССР №580531/22.07.1977.
2. Способ измерения потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока//Патент Союза ССР №2081579. 1974./Суходолов В.П. [и др.].
3. Патент Союза ССР №691791/22.06.1979.
4. Способ измерения потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока//Патент Союза ССР №2172333. 1975./Дель Г.В., Осипов М.О., Суходолов В.П.
5. Патент РБ №19319/30.06.2014.

6. Способ определения активной мощности высших гармонических составляющих тока, протекающего через нелинейную электромагнитную нагрузку//Патент Беларуси №20121395. 2012./Суходолов Ю.В., Чумаков С.А., Крученок Л.П.