

Орлов Алексей Вениаминович

канд. техн. наук, доцент

Ямалдинов Тимур Рифатович

студент

Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
авиационный технический университет» в г. Стерлитамаке
г. Стерлитамак, Республика Башкортостан

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРА В РЕЖИМЕ ИСКУССТВЕННОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

***Аннотация:** данная статья посвящена диагностике силовых трансформаторов. Авторы приходят к выводу о значительной информативности метода разделения потерь на потери на гистерезис и вихревые токи при диагностике силовых трансформаторов.*

***Ключевые слова:** диагностика, силовой трансформатор, намагничивание, дефекты.*

Силовой трансформатор – самый дорогой в системе высоковольтных передач. Следовательно, главной задачей является уменьшение затрат на обслуживание трансформатора и увеличение срока работы. Одним из способов решения данной задачи служит расширенный мониторинг и диагностика силовых трансформаторов по всевозможным типам повреждений.

Известен метод диагностики магнитной системы вследствие измерения потерь $x. x.$ при низком напряжении. Потери $x. x.$ при низком напряжении определяют при операционных испытаниях в процессе сборки трансформатора с целью проверки отсутствия межвитковых к. з., обнаружения различного числа витков в параллельных катушках, ошибочных соединений обмоток или устройств переключения и различных подобных дефектов.

Результаты измерений довольно сильно зависят от величины остаточного намагничивания сердечника трансформатора, являющегося следствием внезапного обрыва тока при отключении трансформатора. Намагничивание является

случайной величиной и зависит исключительно от фазы тока в момент времени отключения трансформатора. Следовательно, для получения достоверных результатов потерь в стали, магнитопровод трансформатора следует размагнитить. Процедура размагничивания, заключающаяся в поочередной подаче постоянного тока на одну из обмоток каждого стержня, тоже не позволяет точно утверждать, что сердечник размагничен до минимума остаточной индукции, так как нет возможности проконтролировать остаточную намагниченность сердечника. Поэтому, измерив потери x . x . невозможно однозначно определить, является ли разброс значений результатом остаточного намагничивания или развивающегося дефекта.

Расширить диагностические возможности метода можно путем разложения потерь на составляющие. Схема замещения ветви намагничивания с разделением ветвей потерь на вихревые токи и гистерезис обеспечивающая сохранение энергетических соотношений представлена на рис. 1.

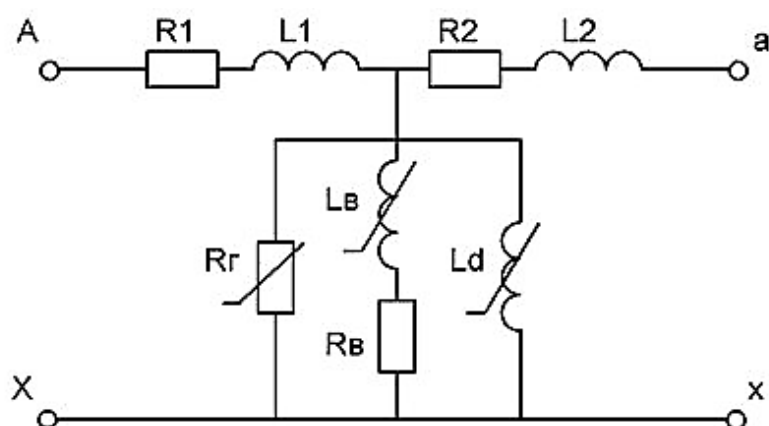


Рис. 1. Схема замещения трансформатора с разделением потерь на гистерезис и вихревые токи

В данной цепи замещения элементы R_1 , L_1 , R_2 , L_2 характеризуют первичную и вторичную обмотки трансформатора. L_d – представляет индуктивность намагничивающего контура трансформатора. R_r – нелинейное сопротивление, отражающее потери на гистерезис в зависимости от напряжения U ветви намагничивания. R_b , L_b – условная ветвь, на которой выделяется мощность, равная магнитным потерям на вихревые токи.

Следовательно, зависимость полных потерь активной мощности при разных напряжениях можно аппроксимировать кривой вида:

$$P_{\Sigma} = A_1 \cdot U^n + A_2 \cdot U^2 ; \quad (1)$$

где: A_2 – коэффициент вихревых потерь; A_1 – коэффициент потерь на гистерезис.

Вольт-ваттные характеристики могут быть сняты при различных токах намагничивания магнитопровода постоянным током, а получаемые при этом параметры A_1 , A_2 позволяют расширить возможности диагностики.

Формирующиеся дефекты довольно сильно влияют на величину составляющих потерь. При витковом замыкании или образовании короткозамкнутых мостиков охватывающий сердечник изменяется соотношение между составляющими потерь на вихревые токи и гистерезис, поэтому отношение A_1/A_2 может служить информативным параметром для диагностики.

Витковое замыкание обмоток самый распространенный дефект. Короткозамкнутый виток создает размагничивающее поле, направленное против основного потока. Уменьшение индукции магнитного поля в сердечнике уменьшает и долю потерь на гистерезис. Это характеризуется уменьшением коэффициента A_1 . Активные потери в короткозамкнутом витке вызывают увеличение коэффициента A_2 , следовательно, будет уменьшаться диагностический параметр A_1/A_2 .

При подмагничивании, постоянным магнитным полем, индуктивность короткозамкнутого витка изменяется, доля вихревых потерь сильно больше потерь на гистерезис. В этот же момент диагностический параметр A_1/A_2 имеет значительно меньшее значение по сравнению с нормальным режимом.

Повреждение изоляции пластин электротехнической стали приводит к локальным изменениям электромагнитных характеристик магнитопровода, и также к образованию электромагнитной «линзы». Появление электромагнитной «линзы» в теле магнитопровода служит причиной перераспределения магнитного поля в сечении магнитопровода. Магнитное поле вытесняется в неповрежденную часть магнитопровода, где из-за увеличения индукции растут потери на гистерезис. В объеме электромагнитной «линзы» сильно возрастают квадратичные потери. Значение диагностического параметра немного меньше в нормальном режиме, однако при намагничивании постоянным магнитным полем за

счет насыщения материала магнитопровода и уменьшения вихревого тока в «линзе» можно заметить уменьшение диагностического параметра A_1/A_2 .

На рис. 2, в качестве примера, приведены зависимости диагностического параметра A_1/A_2 для 3 режимов диагностики обмоток. Поочередно накоротко замыкались фазы А, В и С трансформатора ТДТН-16000/110/35 кВ при намагничивании магнитопровода через обмотки 110кВ. После перехода сердечника в устойчивое насыщение $I_{\text{намаг.}} > 2\text{А}$ значения параметра A_1/A_2 приобретает линейный характер и для фаз А и С сближается. Поэтому, оценку состояния трансформатора можно провести даже при отсутствии результатов предыдущих измерений, путем сравнения параметра для крайних фаз.

Для сравнения пунктиром показано изменение диагностического параметра для режима замкнутой фазы С при имитации дефекта. К обмотке 35кВ фазы А подключено шунтирующее сопротивление величиной 51кОм, вследствие чего наблюдается существенная разница между нормальным и аварийным режимами.

Практические измерения на трансформаторах этим методом наглядно показывают сильные отклонения параметров при разных дефектах, чем измерения, проводимые стандартным способом.

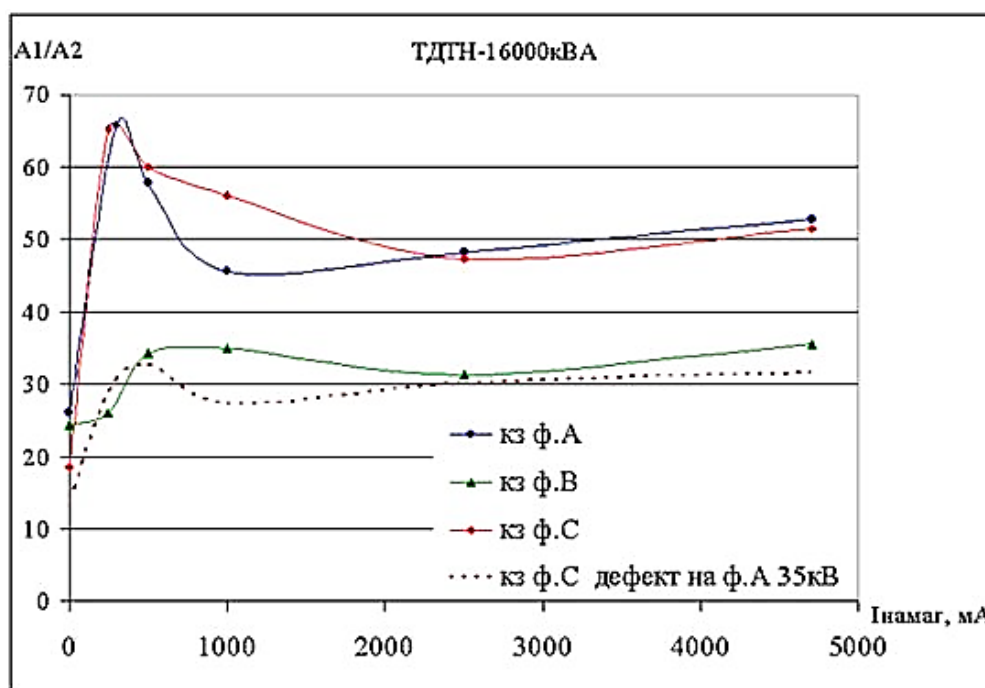


Рис. 2. Зависимости диагностического параметра A_1/A_2 трансформатора ТДТН-16000/110/35 кВ для нормального и аварийных режимов

Данный способ искусственного намагничивания позволяет значительно снизить эффект остаточного намагничивания.

Разделение потерь на составляющие, потери на гистерезис и вихревые токи, может применяться как более информативный при диагностике силовых трансформаторов.

Список литературы

1. Козлов В.К. Диагностика трансформатора в режиме искусственного намагничивания / В.К. Козлов, И.А. Муратаев, Г.А. Муратаева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://otherreferats.allbest.ru/physics/00209015_0.html