

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА МЕТОДОМ ВОЛНОВЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Бугаев В. В – студент группы 8Э-81, Грибанов А. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Трансформатор является одним из важнейших элементов в системе электроснабжения. В течение длительной работы трансформатора существует вероятность возникновения различного рода дефектов и неполадок, которые, в свою очередь, оказывают негативное влияние на их работу. Внезапный отказ силового трансформатора может причинить значительный материальный ущерб, т. к. при этом убытки связаны не только с необходимостью восстановления работоспособности трансформатора, но и с простоем производственного электрооборудования на предприятиях при отсутствии резервных источников питания.

Основными элементами, отвечающими за его стабильную, надежную и долгосрочную работу, являются обмотки. В связи с этим существует острая необходимость в их тщательной диагностике, целью которой является профилактика и ликвидация дефектов еще на начальных этапах развития. От времени обнаружения дефектов зависят не только материальные затраты на их устранение, но и снижается риск возможного ущерба.

Послеаварийная проверка трансформатора, который был отключен из-за повреждения в обмотках, может не дать четкого указания о том, что было причиной короткого замыкания. Тем не менее, большинство специалистов считают, что неисправности начинаются с межвиткового короткого замыкания. Поэтому для того, чтобы ограничить диапазон повреждений, более чем целесообразно отключать трансформатор до того, как возникнет короткое замыкание, и будет задействовано большее число витков. Однако обнаружение таких коротких замыканий является трудной задачей [1].

Основная трудность заключается в том, что защита своевременно не реагирует на повреждения изоляции малого количества витков, еще на начальном этапе, а срабатывает только в тот момент, когда авария достигает более крупных масштабов. В связи с этим существует необходимость в разработке защит, позволяющих сигнализировать, либо отключать поврежденный трансформатор даже при замыкании нескольких витков.

Одна из основных проблем анализа неисправностей при межвитковых коротких замыканиях обусловлена отсутствием прямых методов, позволяющих определить наличие короткозамкнутых витков в обмотке и дать оценку масштаба повреждения. В результате возникает трудность определения конкретного места возникновения повреждения. Имеющиеся же косвенные методы не дают полной количественной оценки объема витковых замыканий из-за сложности интерпретации результатов исследований.

Современные силовые трансформаторы имеют обмотки, состоящие из параллельных проводников, для уменьшения потерь на вихревые токи. Поэтому есть три возможных случая межвитковых коротких замыканий [2].

Решающую роль в возникновении витковых замыканий играет изоляция обмоток. Для анализа состояния изоляции в обмотках трансформаторов используется метод волновых затухающих колебаний (ВЗК), суть которого заключается в воздействии типового сигнала в виде единичного импульса напряжения, на обмотку трансформатора и возникающий в ней переходный процесс.

Это можно достаточно наглядно проследить с помощью осциллографа. Наличие аперiodического процесса на экране осциллографа может быть следствием критического снижения значений резистивно-ёмкостных параметров схемы замещения обмотки. Предварительно можно предположить, что при изменении значений параметров схемы замещения, характеризующих изоляцию обмотки от нормального (условно) уровня до критического (около нуля), переходный процесс будет иметь вид ВЗК.

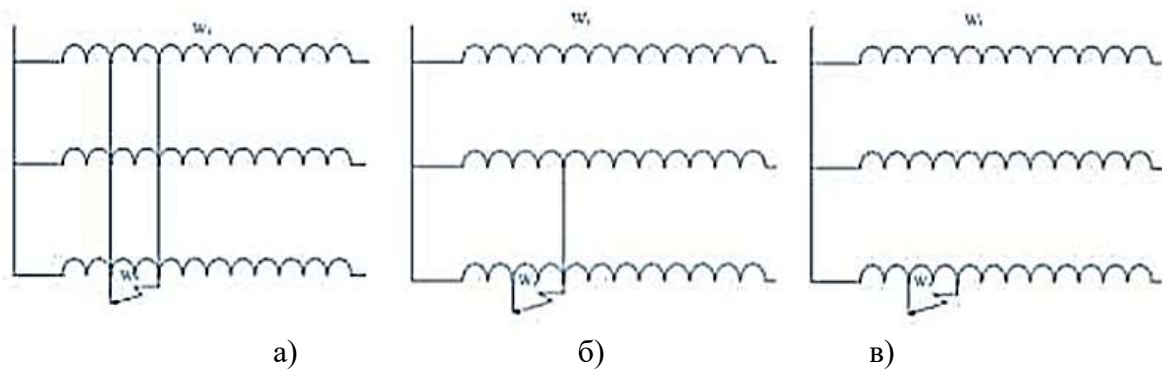


Рисунок 1 – Виды межвитковых коротких замыканий:
 а) КЗ между параллельно расположенными проводниками;
 б) КЗ между двумя параллельно расположенными проводниками;
 в) КЗ между витками одного проводника.

Для оценки влияния состояния изоляции на скорость и период затухающего колебательного процесса на начало обмотки подаётся типовой сигнал, а на её конце регистрируется переходный волновой процесс. В качестве типового входного сигнала принято единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях, представленное на рисунке 2. Эта функция, которая при $\tau < 0$ равна нулю, а при $\tau > 0$ равна постоянному значению A .

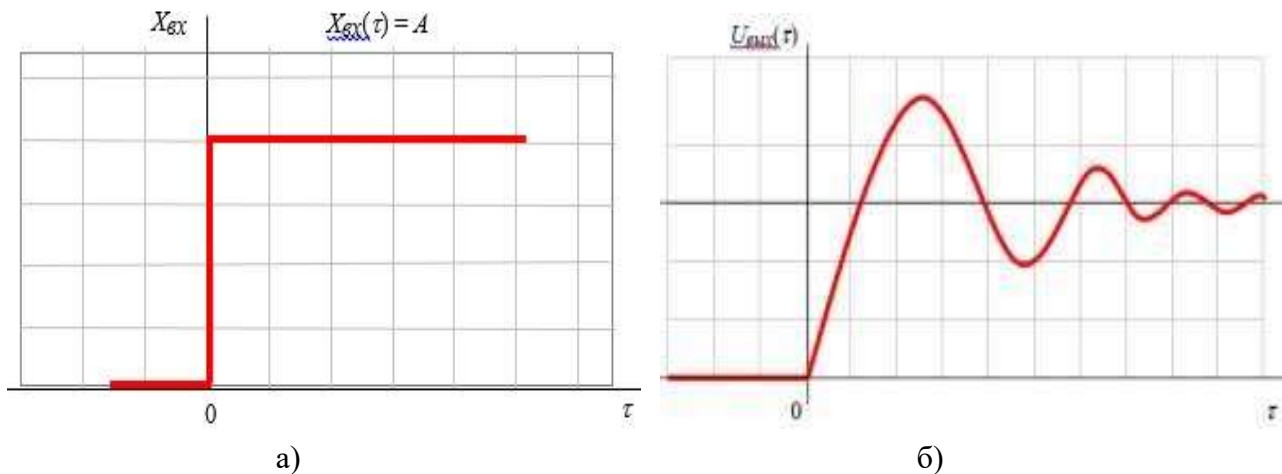


Рисунок 2 – Типы входного и выходного сигнала:
 а) тип входного сигнала;
 б) тип выходного сигнала.

Переходный процесс, вызванный этим сигналом - называется переходной функцией. Для ее определения выбирается схема замещения обмотки, представленная на рисунке 3.

Схема замещения включает в себя такие элементы как R_k - сопротивление корпусной изоляции, C_k - ёмкость корпусной изоляции, $r_в$ - межвитковое сопротивление, r - активное сопротивление обмотки, L - индуктивность обмотки.

Входное напряжение $U_{вх}$ соответствует единичной функции (рисунок 2, а), выходное $U_{вых}$, по результатам теоретических и экспериментальных исследований имеет вид ВЗК.

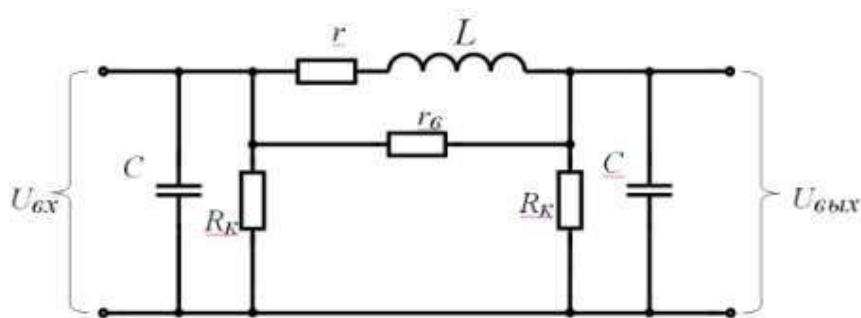
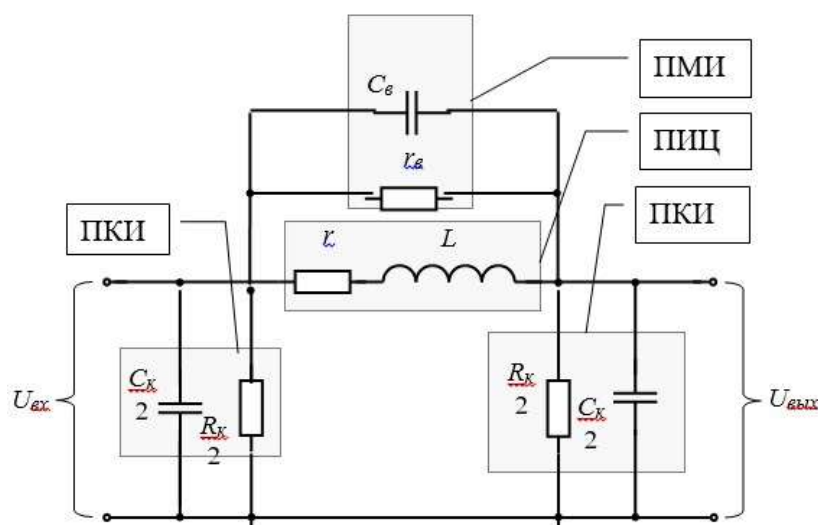


Рисунок 3 – Схема замещения обмотки

Учитывая, что межвитковая ёмкость $C_в$ является основным параметром, характеризующим изоляцию обмотки, исходная схема замещения примет вид, представленный на рисунке 4.



ПКИ- параметры корпусной изоляции; ПИЦ- параметры индуктивной цепи;
ПМИ- параметры межвитковой изоляции

Рисунок 4 – Схема замещения обмотки с учетом $C_в$

В формировании ВЗК процесса, все элементы обмотки участвуют по-разному. Так, индуктивность L и ёмкость C формируют значения периода T_f , а сопротивление R формирует значения амплитуды A_f . При этом любые возможные изменения свойств изоляции, влекут за собой изменение значений параметров C , R обмотки и следовательно параметров ВЗК процесса T_f и A_f [3].

Таким образом, метод ВЗК является перспективным направлением в диагностики изоляции обмоток не только трансформаторов, но и других электрических машин.

Список использованных источников:

1. Градов А. А., Макарова Н. Л. Экспериментальные исследования витковых замыканий // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2012. – № 10. – С. 32-37.
2. Хренников А. Ю. Основные причины повреждений обмоток силовых трансформаторов при коротких замыканиях // Электричество. – 2006. № 7. С. 17-24.
3. Сташко В. И. Метод диагностики изоляции на основе волновых затухающих колебаний / Ползуновский вестник. –2006. № 4–2. С. 420-423.