

З.Г. Иванова  
Н.Л. Макарова

Марийский государственный университет

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКАХ СУХИХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

**Ш**ирокое применение в системах электро-снабжения находят силовые малогабаритные трансформаторы с сухой изоляцией, которые менее пожароопасны, требуют меньших затрат при их эксплуатации.

Однако они обладают низким уровнем изоляции по сравнению с маслонаполненными трансформаторами, что вызывает их отказы, связанные с витковыми замыканиями.

Выявление витковых замыканий требует высокой квалификации персонала, использование различных типов приборов и занимает много времени. Поэтому важной задачей является разработка новых типов технических средств для диагностирования указанных трансформаторов, обеспечивающих своевременное обнаружение и устранение выявленных дефектов.

Следовательно, задача разработки информативных, точных и быстродействующих средств для оценки работоспособности сухих силовых трансформаторов является актуальной.

На первом этапе исследования был выполнен расчет резонансных частот работоспособного трансформатора, а затем экспериментальные замеры для получения АЧХ. Полученная резонансная частота служила в качестве опорной для сравнения с полученными результатами при моделировании витковых замыканий в различных частях обмотки. Отличие расчетной величины основной резо-

нансной частоты обмотки ВН от экспериментально полученной составило не более 8% ( $\Delta < 5,3$  кГц).

На следующем этапе проводились эксперименты по моделированию витковых замыканий по высоте обмотки в верхней, средней и нижней частях фаз А, В и С. При проведении экспериментальных исследований по снятию частотных характеристик в обмотках ВН моделировали в одной из фаз обмотки витковое замыкание шунтированием определенного числа (2,5, 5, 7,5 и 10 %) замкнутых витков в характерных зонах по высоте обмотки.

В результате теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что возникновение витковых замыканий в трансформаторе ТСЗ-630/10 (от 2,5 до 10% на разных участках обмотки ВН) оказывает влияние на изменение индуктивности. При этом происходит смещение основной резонансной частоты обмотки [1, 2]. На основании полученных результатов возможна разработка технического устройства, позволяющего провести экспресс-анализ трансформаторного оборудования, целью которого является:

- определение наличия и местоположения витковых замыканий в обмотках;
- оценка масштаба полученного повреждения.

На наличие витковых замыканий в обмотке трансформатора указывает сам факт смещения основной резонансной частоты (рис. 1).

Оценка масштаба повреждения производится путем определения величины смещения резонансной частоты  $\Delta f$  относительно основной (опорной) резонансной частоты АЧХ обмотки, снятой при вводе трансформатора в эксплуатацию.

Функциональная схема устройства для выявления витковых замыканий в обмотках сухих трансформаторов показана на рис. 2.

Принцип работы устройства следующий: генератор  $\mathcal{G}$  вырабатывает синусоидальные высокочастотные импульсы (например, пакет из шести импульсов вышеупомянутых частот), а сблокиро-

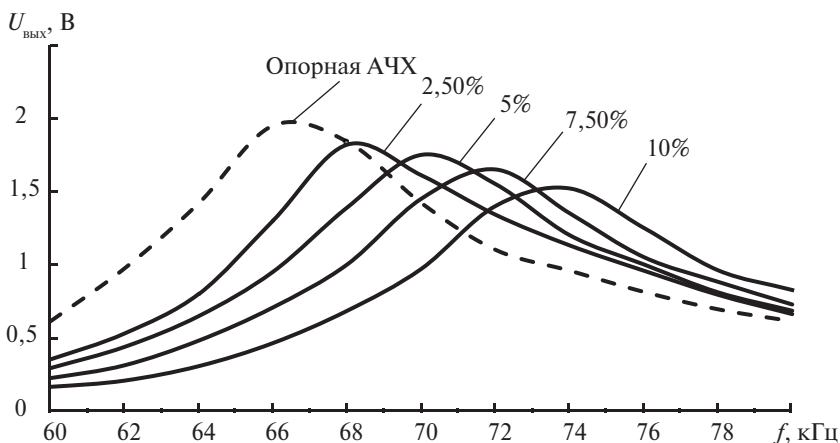
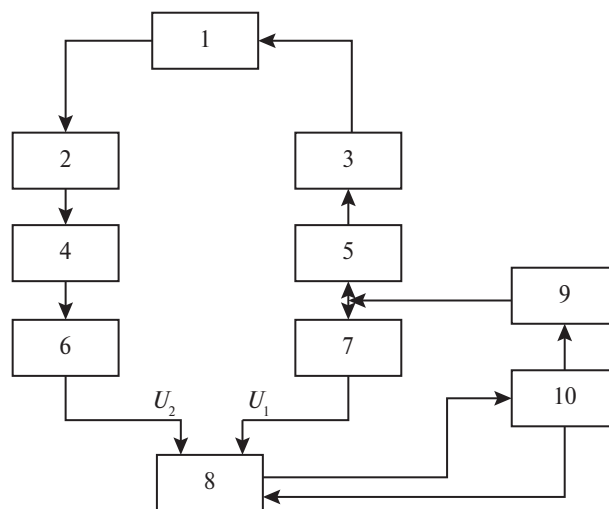


Рис. 1. АЧХ фазы А (поврежденная фаза) при витковом замыкании в верхней части обмотки ВН

ванный с ним усилитель усиливает эти импульсы, компьютер 8 по заданной программе дает команды генератору 9 на чередование длительности и паузы сигналов, а также порядок чередования импульсов, (пакет должен различать «свой не свой» в помехах сети). Этот пакет импульсов через фильтр 5 от помех и фильтр 3 с помощью кабеля поступет на низковольтные вводы 1 контролируемого силового трансформатора. Пакет импульсов, пройдя через обмотки контролируемого трансформатора 1, поступает на соответствующие выводы трансформатора и с помощью кабеля поступает на вход фильтра 2, а с его выхода через фильтр 4 от помех и согласующий блок 6 поступает в компьютер 8. Базовые сигналы этого пакета импульсов от генератора 9 через согласующий блок 7 поступает также на компьютер 8. К блоку электропитания 10 подключены компьютер 8, генератор 9, а от них запитаны блоки 6, 7 и фильтры 2–5 устройства. Компьютер 8 по заданной программе производит расчет резонансных частот и их смещение от опорных значений. В дальнейшем делается сравнение текущих величин с первыми и предыдущими значениями, хранящимися в памяти компьютера. В память компьютера внесены все контролируемые объекты с измеренными величинами и накопительно последние замеры. По динамике изменения измеряемых величин прогнозируется время отбраковки контролируемых трансформаторов, что позволяет обеспечить работоспособность сухих силовых трансформаторов.



**Рис. 2. Функциональная схема устройства для выявления витковых замыканий:**

1 — объект исследования (силовой сухой трансформатор); 2–5 — фильтры; 6, 7 — согласующие блоки; 8 — компьютер; 9 — генератор высокочастотных сигналов с усилителем; 10 — блок питания

#### Список литературы

1. Градов А.А., Макарова Н.Л. Экспериментальные исследования витковых замыканий // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. — 2012. — № 10. — С. 32–37.
2. Макарова Н.Л., Ахметшин Р.С. Диагностирование состояния изоляции силовых трансформаторов сельских электрических сетей: монография. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. — 90 с.