

К МЕТОДОЛОГИИ ИСПЫТАНИЙ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯИ.И. БРАНОВИЦКИЙ, П.Д. МАЦКЕВИЧ, И.Т. СКУРТУ  
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Нарушение нормального режима работы электроэнергетического оборудования (ЭО), вызванное, например, появлением дефектов в магнитопроводах или обмотках изделия, приводит к ухудшению его технических характеристик и уменьшению эксплуатационной надежности. В контексте сказанного, учитывая значительную выработку ресурса указанного оборудования, эксплуатируемого в различных отраслях хозяйства РБ, весьма актуальна разработка современных методов и средств его диагностирования. Например, на стратегически важных силовых трансформаторах целесообразно использование системы контроля и наблюдения в режиме реального времени. Для диагностирования широкого класса силовых трансформаторов более реальным является проведение их периодических оперативных испытаний по разработанным методикам в условиях эксплуатации. Создаваемые при этом средства контроля, реализующие указанные методики, могут использоваться и при приемо-сдаточных испытаниях электрооборудования. Дефекты в изоляции обмоток являются одной из наиболее распространенных причин выхода из строя трансформаторов и другого электроэнергетического оборудования [1]. Такие дефекты, приводящие, например, к появлению витковых замыканий, существенно влияют на магнитные характеристики магнитопроводов и, следовательно, на электрические параметры изделия в целом. На рисунке 1 представлены полученные в результате исследований основные кривые намагничивания материала витого магнитопровода из электротехнической стали в отсутствие и при наличии короткозамкнутых контуров (КЗК) в обмотках при различных значениях сечения провода в КЗК. При этом, кривые на рис. 1 получены при последовательно подававшихся и поддерживавшихся значениях напряжения на намагничивающей обмотке трансформатора. Сравнение этих кривых дает наглядное представление о влиянии магнитного поля индуцированного в КЗК тока, как размагничивающего фактора, противодействующего магнитному полю обмотки. С другой стороны, магнитные характеристики материала магнитопровода, в том числе основные кривые намагничивания, могут ухудшаться в процессе его эксплуатации (старение) или, например, благодаря появлению электрического контакта между пластинами из-за нарушения их изоляционного слоя. Все это также приводит к ухудшению технических характеристик ЭО. В этой связи представляется перспективным проводить диагностирование ЭО через анализ информации, получае-

мой при измерении его основных параметров, которые являются «отражением» технического состояния изделия.

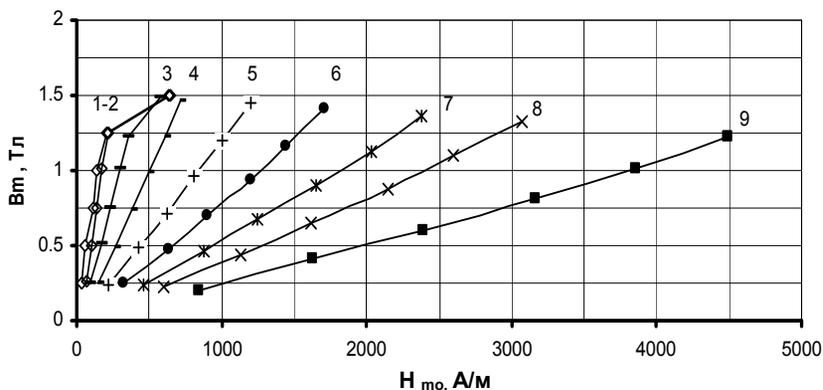


Рис. 1. Кривые намагничивания материала магнитопровода из электротехнической стали при различных значениях сечения  $s$  провода в КЗК: 1 – без КЗК; 2 –  $s = 0,03$  мм<sup>2</sup>; 3 –  $s = 0,11$  мм<sup>2</sup>; 4 –  $s = 0,25$  мм<sup>2</sup>; 5 –  $s = 0,53$  мм<sup>2</sup>; 6 –  $s = 0,78$  мм<sup>2</sup>; 7 –  $s = 1,19$  мм<sup>2</sup>; 8 –  $s = 1,79$  мм<sup>2</sup>; 9 –  $s = 2,06$  мм<sup>2</sup>

Исходя из этого, в Институте прикладной физики в результате исследований получила развитие соответствующая методология испытаний электроэнергетического оборудования. Например, применительно к силовым трансформаторам она предполагает измерение и расчет их основных параметров в режиме холостого хода, таких как значения токов холостого хода по трем фазам с гармоническим анализом соответствующих кривых тока, значения фазных напряжений, значения активной, реактивной и полной мощности по трем фазам, значения углов сдвига фаз между током и напряжением по каждой фазе, значения высокочастотной составляющей в кривой тока по каждой фазе и др. При этом проводится анализ динамики изменения значений указанных параметров трансформаторов при их периодических испытаниях в условиях эксплуатации и соотношений между их значениями. Совокупность получаемых в результате данных содержит объективную информацию, на основе анализа которой можно судить о техническом состоянии изделия. Описанная методология испытаний силовых трансформаторов реализована в приборе ДСТ-1М, внесенном в Государственный реестр измерительных приборов Республики Беларусь. На рис. 2, в качестве примера, приведены полученные с помощью указанного прибора кривые напряжений (синусоидальная форма) и токов холостого хода трехфазного трансформатора. Представленные кривые с их фазовыми

сдвигами содержат необходимую исходную информацию для расчета и анализа параметров испытываемого трансформатора.

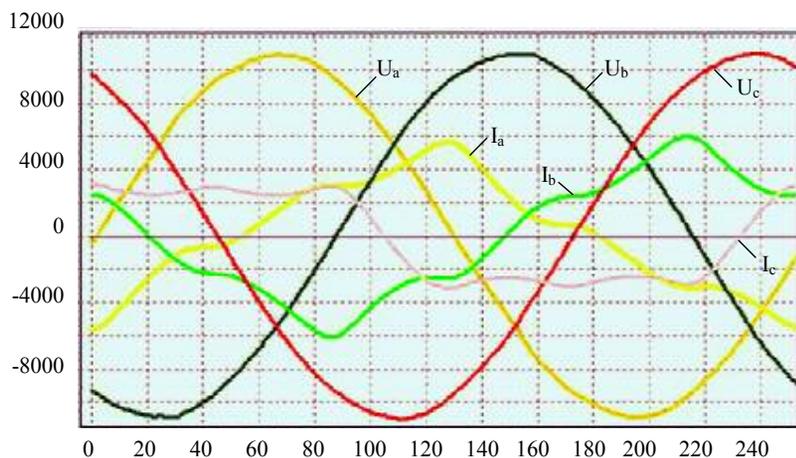


Рис. 2. Эмпоры напряжений и токов трехфазного трансформатора в режиме холостого хода

Принципиально такие же подходы были использованы при развитии методов и создании средств диагностирования электрических машин постоянного тока, в частности, при их приемо-сдаточных испытаниях. Методология испытаний основывается на сравнении измеренных значений параметров испытываемой машины с их предельно допустимыми значениями. При каждом режиме работы машины измеряется и анализируется комплекс ее параметров, совокупность измеренных значений которых в сопоставлении с соответствующей совокупностью их нормированных предельных значений дает объективную информацию. На основе анализа этой информации можно судить о техническом состоянии испытуемой машины. Для осуществления программно реализуемой процедуры измерения и анализа параметров электрических машин при их испытаниях в различных режимах работы разработан и метрологически аттестован диагностический комплекс ИПЭМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peelo, D. F. et al., “A Value Based Methodology for Selecting On-line Condition Monitoring of Substation Power Equipment”, EPRI Substation Equipment Diagnostic Conference V, New Orleans, Louisiana, Feb. 17, 1997.