

ТРЕХУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение. Условия эксплуатации электротехнического оборудования в системах с резкопеременным характером нагрузки существенно отличаются от систем общего назначения. Такие режимы имеют место в приводах прокатных станов, преобразовательных и инверторных установках линий электропередачи и вставок постоянного тока, дуговых сталеплавильных печей и др. отраслях промышленности. В электротехническом оборудовании (ЭТО) имеют место нестационарные электромагнитные процессы, которые приводят к большим добавочным потерям, перегревам деталей конструкции, потере электродинамической стойкости, изменениям геометрических размеров и формы обмоток, а также пробоям в изоляции и др. Поэтому аварийность в системах резкопеременных нагрузок значительно превышает показатели в системах общего назначения [1-4].

Постановка задачи. Существующие методики диагностики ЭТО общего назначения не представляется возможным использовать в системах с резкопеременными нагрузками. В настоящей работе предлагается методика электромагнитной диагностики ЭТО специального назначения. Оценка технического состояния ЭТО осуществляется по динамике изменения параметров нагрузки (1й уровень), частичных разрядов и шума в спектре октавных частот (2й уровень), реактивной составляющей сопротивления системы возбуждения.

Она предназначена для предотвращения аварийных выходов из строя и опробована на силовых масляных трансформаторах мощностей 63 и 160 МВА.

На первом уровне осуществляется измерение и анализ параметров тока по кратностям, длительностям, количеству и характеру, которые превышают требования нормативно-технической документации.

На втором уровне измеряется шум в спектре октавных частот и частичные разряды. По изменениям их интенсивности в соответствующем спектре оценивается наличие отклонений в конструкции электрооборудования. Изменения в спектре шума на низких частотах характеризуют наличие отклонений в массивных деталях, а высоких – в активных. Изменения в спектре частичных разрядов информирует о формировании стримеров в изоляции.

На третьем уровне осуществляется анализ изменения градиента реактивной составляющей сопротивления обмоток и наличие образовавшихся контуров. Такая информация характеризует наличие отклонений в геометрических размерах системы возбуждения.

Материалы исследований. Структурная схема трехуровневой электромагнитной диагностики трансформаторного оборудования специального назначения приведена на рис.1.

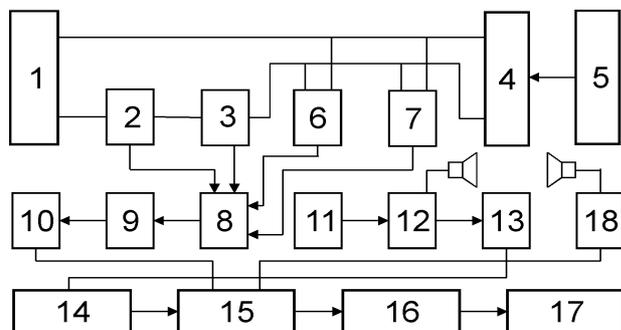


Рис.1. Структурная схема трехуровневой системы электромагнитной диагностики электротехнического оборудования специального назначения

На рис.1. приняты следующие обозначения: 1 – источник переменного напряжения; 2 – преобразователь тока; 3 – преобразователь мощности; 4 – испытуемый объект; 5 – коммутатор испытательных режимов; 6 – частотомер; 7 – преобразователь напряжения; 8 – программно-аналитическое устройство расчета X; 9 – преобразователь электромагнитных параметров к фазным сопротивлениям; 10 – библиотека нормированных параметров; 11 – измеритель уровня шума; 12 – анализатор шума в спектре октавных частот; 13 – сопоставительный анализ шума и его спектральных составляющих; 14 – анализатор параметров резкопеременной нагрузки и шумовых характеристик; 15 – устройство анализа совокупности анализируемых величин; 16 – монитор; 17 – сигнализация оперативному

персоналу; 18 - датчик частичных разрядов.

Наиболее чувствительными параметрами, по которым можно контролировать отклонения в обмотках силовых трансформаторов, являются реактивная составляющая сопротивления к.з. и спектр октавных частот шума.

Приведенные к одинаковым условиям по частоте и количеству опытов фазные сопротивления представляем в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Delta X_A(l) &= [X_A(l) - X_T(l)] : X_T(l); \\ \Delta X_B(l) &= [X_B(l) - X_T(l)] : X_T(l); \\ \Delta X_C(l) &= [X_C(l) - X_T(l)] : X_T(l), \end{aligned} \tag{1}$$

где: X_A, X_B, X_C и X_T – реактивные сопротивления фаз и усредненное по трем фазам соответственно.

По абсолютному отклонению сопротивления $\Delta X(l)$ определяется пара обмоток, в которых имеет место отклонение геометрических размеров.

Экспериментальные измерения электромагнитных параметров, характеризующих три уровня электромагнитной диагностики, выполнялись на сетевых масляных трансформаторах типа ТДТН-63000/150/35 с расщепленной низковольтной обмоткой. Измерения выполнялись по методикам ГОСТ 3484-87 и ГОСТ 12.2.024-87 шумометром типа F00023 производства фирмы RET Германии. Питание трансформатора осуществлялось при схеме соединения обмоток У/Д. Результаты исследований приведены в таблице. Уровни звуковой мощности измерялись со сторон низкого и высокого напряжения, а также на торцах бака. От этих трансформаторов питались дуговые сталеплавильные печи ДСП-50. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Реактивные составляющие фазных сопротивлений исследуемого трансформатора ТДТН 63000/150

Номер опыта	Схема соединений обмоток в опыте	Фаза трансформатора	Реактивное сопротивление, Ом		Относительное отклонение сопротивления, %	Особенности соединения обмоток НН трансформатора в испытательных режимах к.з.
			фазы	Среднее		
1	ВН - НН1	А	71,96	72,04	0,11	НН1 закорочены, НН2 раскорочены
		В	73,85		2,51	
		С	70,30		-2,41	
2	ВН - НН2	А	71,71	72,1	0,54	НН2 закорочены, НН1 раскорочены
		В	72,72		0,86	
		С	71,86		-0,33	

показал, что наибольшие приращения реактивной составляющей сопротивления, шума в спектре октавных частот и частичных разрядов наблюдаются на Т2. Уровень шума в области первых четырех октавных частот на 2,5 дБ больше с низкой стороны трансформатора. Наибольшие приращения реактивного сопротивления наблюдаются в схемном режиме ВН - НН1 и составляют 2,51%. Поскольку в спектре звуковой мощности преобладают частоты 31,5-500,0 Гц, то очевидно, что имеют место отклонения массивных деталей конструкции. Такими деталями могут быть системы возбуждения (обмотки), прессующих элементов и магнитопровод. Более полный анализ результатов исследований позволил предопределить наличие деформаций в низковольтной обмотке фазы «В», а измерения электромагнитных параметров в полном объеме требований ГОСТ 3484.1-87 и разборка трансформатора подтвердили наличие деформации высоковольтной обмотки.

Сопоставительный анализ результатов экспериментальных исследований показал, что наибольшие отклонения реактивной составляющей сопротивления короткого замыкания, уровни скорректированного шума и в спектре октавных частот наблюдаются на фазе «В» трансформатора Т2 при закороченной низковольтной обмотке НН1.

Это свидетельствует о том, что в этой обмотке имеют место изменения геометрических размеров.

Измерения сопротивления обмоток постоянному току, коэффициентов трансформации показали отсутствие коротко замкнутых витков в системе возбуждения. Это значит, что обмотка НН1 деформирована в результате многочисленных технологических и семи коротких замыканий в сети 35 кВ, количество которых зарегистрировано на первом уровне.

Внедрение трехуровневой электромагнитной диагностики позволило предотвратить аварии в системах, питающих электротехнологические комплексы в составе дуговых сталеплавильных печей ДСП-50 и ДСП-100, а также своевременно вывести на ремонт сетевые трансформаторы мощностью 63 и 160 МВА.

Выводы.

1. Трехуровневая система электромагнитной диагностики электротехнического оборудования сводится к анализу отклонений совокупности параметров по трем уровням: превышениям резкопеременного тока и его классификации по длительностям, кратностям, характеру и количеству; шума в спектре октавных частот и частичных разрядов; градиента реактивной составляющей систем возбуждения.

2. Внедрение методики позволило предотвратить аварийные выходы сетевых трансформаторов мощностей 63 и 160 МВА на классы напряжения 150 и 220 кВ в системах, питающих дуговые сталеплавильные печи.

Литература.

1. V.Sokolov. «Preferential Objectives of Power Transformers» On-Line Monitoring Techniques. International Seminar «Operation Reliability and Condition Monitoring of High Voltage Transformers». – Zaporozhye.: Rep. 1.1, - 1996. – P. 3 - 8.
2. Зіновкін В.В., Бондаренко В.І., Метельський В.П. Електромагнітна діагностика енергоємного електротехнічного обладнання в системах різкозмінних навантажень // Електроінформ. - 2001. - № 2. - С.11-14.
3. Зиновкин В.В. Специализированное измерительно-регистрирующее устройство и методика исследований эксплуатационных параметров потребителей резкопеременной нагрузки // Праці ІЕД НАН України. Електродинаміка. – К.: ІЕД НАН України. - 2000. - С. 159-166.
4. Зиновкин В.В. Двухуровневая система оценки технического состояния трансформаторного оборудования в системах резкопеременных нагрузок // Збірник наукових праць Донецького національного технічного університету. Серія „Електротехніка і енергетика”. Випуск 50. - Донецьк. - 2002. - С.70 - 76.