

$f_{TT}$  – токовая погрешность трансформатора тока в зависимости от кратности первичного тока, %;

$Q_{TT}$  – угловая погрешность трансформатора тока в зависимости от кратности первичного тока, мин;

$f_{TH}$  – погрешность трансформатора напряжения по напряжению в зависимости от коэффициента загрузки по мощности, %;

$Q_{TH}$  – угловая погрешность трансформатора напряжения в зависимости от коэффициента загрузки по мощности, мин;

$A_{JTT}, B_{JTT}, C_{JTT}$  – коэффициенты аппроксимации зависимости токовой погрешности трансформатора тока от кратности первичного тока;

$A_{\Theta TT}, B_{\Theta TT}, C_{\Theta TT}$  – коэффициенты аппроксимации зависимости угловой погрешности трансформатора тока от кратности первичного тока;

$B_{JTH}, C_{JTH}$  – коэффициенты аппроксимации зависимости погрешности по напряжению трансформатора напряжения от коэффициента загрузки трансформатора напряжения по мощности;

$B_{\Theta TH}, C_{\Theta TH}$  – коэффициенты аппроксимации зависимости угловой погрешности трансформаторов напряжения от коэффициента загрузки трансформатора напряжения по мощности;

$\varphi$  – коэффициент мощности нагрузки;

$K_{THI}$  – кратность первичного тока трансформатора тока, отн. ед.;

$K_{THS}$  – коэффициент загрузки трансформатора напряжения по мощности (отношение фактической вторичной нагрузки трансформатора напряжения к номинальной) отн. ед.

## ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРАКТИКЕ ОПЫТА СНЯТИЯ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФИРОВАНИЯ

А.И. Власов

*Белорусский теплоэнергетический институт, г. Минск*

Научный руководитель Е.П. Забелло

Межвитковые замыкания во вторичных цепях являются одним из наиболее распространенных видов повреждений трансформаторов тока. В [1], [2] описывается методика снятия вольтамперных характеристик (ВАХ) трансформаторов тока (ТТ) и выявления короткозамкнутых витков во вторичных обмотках. Описываемая схема подключения цифрового осциллографа (ЦО) и контролирующих измерительных приборов для снятия ВАХ ТТ (рис. 1а) применима в тех случаях, где для снятия характеристик в диапазоне вторичных токов от 0 до 120 % от номинального достаточно технических характеристик цифрового осциллографа и допустимо его непосредственное подключение к измеряемой цепи.

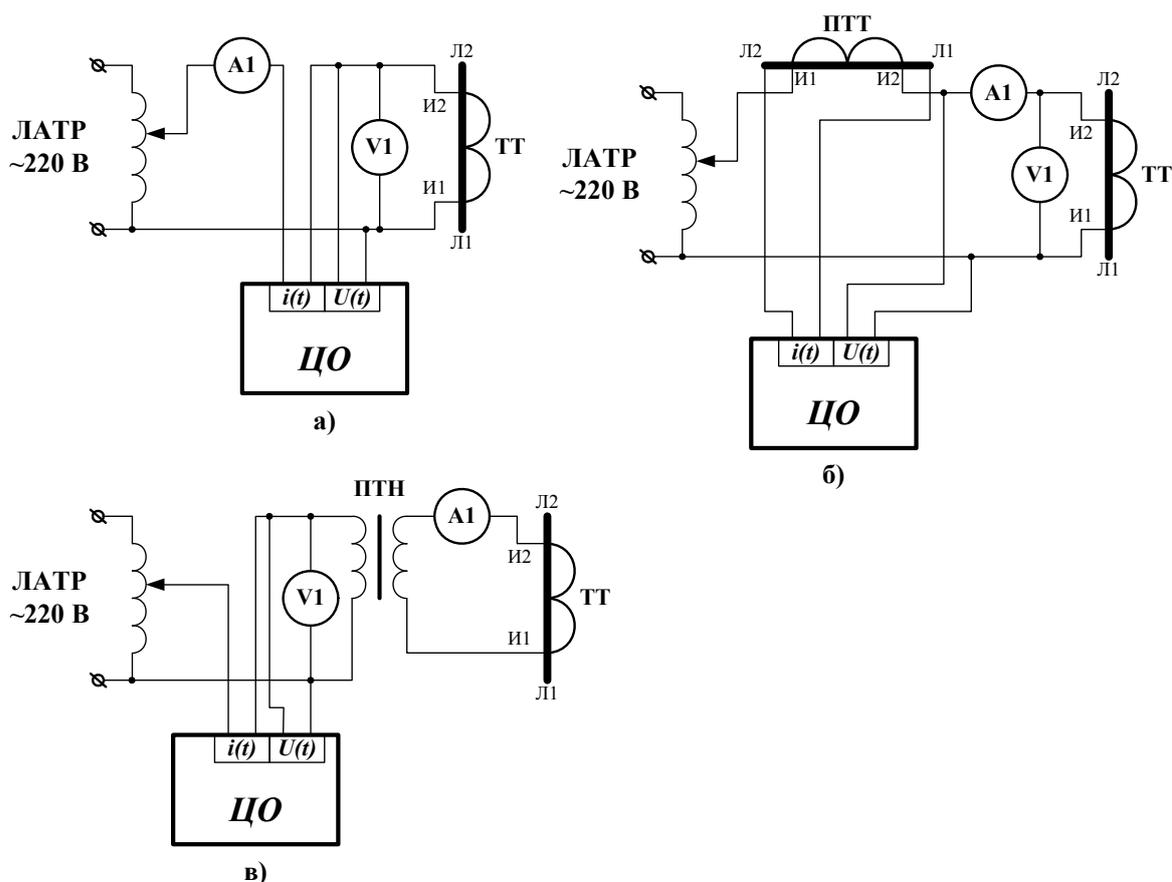


Рис. 1. Схемы подключения цифровых осциллографов и измерительных приборов для снятия вольтамперных характеристик трансформаторов тока:  
 а – схема с непосредственным подключением к измеряемой цепи; б – схема для снятия характеристик при малых токах; в – схема для снятия характеристик при высоких напряжениях. ТТ – испытуемый трансформатор тока; А1 – амперметр; V1 – вольтметр, ПТТ – промежуточный трансформатор тока; ПТН – промежуточный трансформатор напряжения; ЦО – цифровой осциллограф

В 2004 г. была проведена серия опытов по снятию ВАХ ТТ, установленных на Минской ТЭЦ-5. Были получены ВАХ ТТ номинальным напряжением 20 кВ в цепях статора генератора и 110 кВ на стороне среднего напряжения блочного трансформатора. Схема подключения ЦО непосредственно к измеряемой цепи не могла быть использована для снятия ВАХ по следующим причинам:

- для того чтобы протекающий ток по вторичной обмотке составлял 5 А, напряжение на регулируемом источнике питания должно быть порядка 600 В, что намного выше изоляции входов применяемого цифрового осциллографа, имеющегося регулируемого источника питания и контрольных измерительных приборов;
- для ТТ номинальным напряжением 110 кВ в начальной части ВАХ при напряжении порядка 100 В ток, протекающий по вторичной обмотке, составляет несколько десятков миллиампер, что сопоставимо с погрешностью токовых входов ЦО.

Для устранения этих причин решено было провести опыты снятия ВАХ ТТ по двум следующим схемам. Представленная на рис. 1б схема позволяет снимать ВАХ ТТ на начальной кривой. В данном случае за счет применения промежуточного ТТ, ток во вторичной обмотке испытуемого увеличивается до величины, позволяющей

откалибровать ЦО и выполнить снятие ВАХ ТТ на начальном участке. За счет применения промежуточного ТТ класса точности 0,2 погрешность, вносимая им для вторичной обмотки класса 10Р испытуемого ТТ, незначительна.

На рис. 1в представлена схема для снятия ВАХ ТТ, требующих напряжения источника питания выше, чем изоляция приборов испытания. Здесь за счет применения промежуточного трансформатора напряжения повышается напряжение на зажимах испытуемого ТТ. Цепи напряжения и тока осциллографа подключаются к низкой стороне трансформатора напряжения. Полученные токи и напряжения умножаются на коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

Полученные в результате двух опытов значения токов и напряжений используются для построения ВАХ ТТ. На рис. 2 представлены кривые ВАХ ТТ (действующие значения) для трансформатора тока ТШ-20 12000/5.

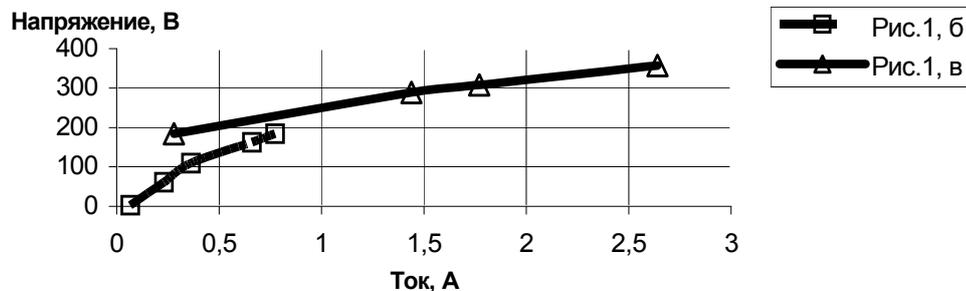


Рис. 2. Полученные вольтамперные характеристики трансформатора тока ТШ-20 12000/5 по результатам опытов по схемам, представленным на рис. 1б и 1в

Из рис. 2 видно, что в области, которой соответствуют кривые опытов, погрешность измерений по двум разным схемам составляет менее 20 %. По результатам двух опытов, обобщая данные для различных напряжений и токов, строится общая ВАХ. На рис. 3 представлена ВАХ ТТ, построенная по результатам обобщения кривых, представленных на рис. 2, и сопоставленная с заводской ВАХ ТТ.

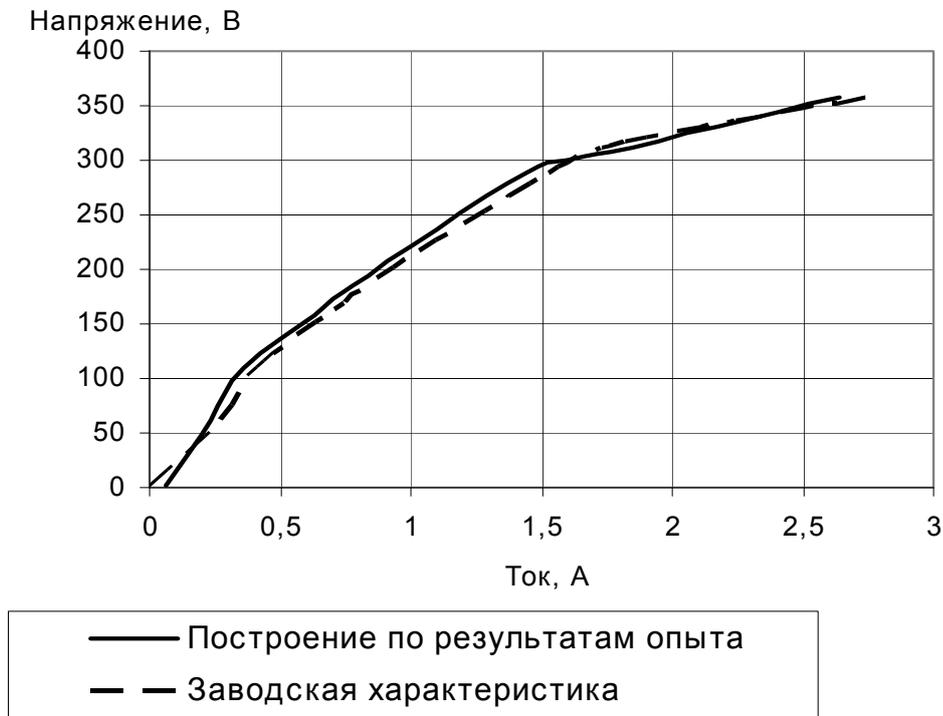


Рис. 3. Вольтамперные характеристики трансформатора тока ТШ-20 12000/5

Как видно из рис. 3, расхождение полученных ВАХ с заводскими не значительно и сопоставимо с точностью измерений.

#### Выводы

1. Схема снятия ВАХ ТТ, изложенная в [1], для практического применения должна быть уточнена.

2. Для снятия ВАХ ТТ на практике можно использовать схемы с промежуточными ТТ и ТН, имеющим более высокий класс точности по сравнению с испытуемыми.

3. Полученные ВАХ, снятые по указанным методам, совпадают с заводскими и могут быть использованы в качестве исходной информации для уточненных расчетов переходных процессов в ТТ.

#### Литература

1. Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1977. – 89 с.
2. Сопьяник, В.Х. Выявление короткозамкнутых витков в трансформаторах тока методом цифрового осциллографирования /В.Х. Сопьяник, А.И. Власов //Энергия и менеджмент. – 2004. – № 6. – С. 48-49.