

Рис. 3. Предлагаемая схема цепей возбуждения генераторов блочных электростанций.

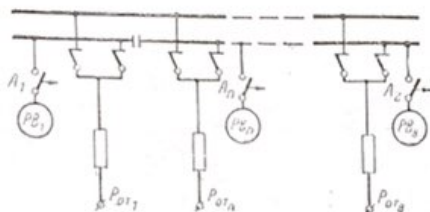


Рис. 4. Временная схема цепей возбуждения генераторов блочной электростанции при отсутствии рабочих возбуждателей.

раторов выполнить, как показано на рис. 3. Схема отличается тем, что резервные возбуждители подключаются к шинам через автоматы, а в цепях роторов генераторов автоматы из схемы исключаются.

Эта схема содержит меньшее число коммутационных аппаратов (автоматов), позволяет осуществить просто и безопасно замену одного резервного возбуждителя другим без отключения или снижения нагрузки на генераторе, причем все операции по включению и отключению возбуждателей производятся автоматами. Для типовой электростанции с восемью блоками по 300 Мвт каждый по схеме рис. 3 устанавливается на 12 автоматов типа АВ-20Б меньше, т. е. схема получается проще, надежней, экономичней.

При установке по одному возбуждателю на каждый блок (в связи с временным отсутствием рабочего возбуждения) схема также сохраняет свои преимущества, но в этом случае II с. ш. секционировать, а возбуждители подключают к соответствующей секции (рис. 4). При вводе в работу рабочего возбуждения схема легко переделывается по рис. 3.

Инж. В. Ф. СИВОКОБЫЛЕНКО



УДК 621.314.222.6:621.3.013.1

## ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НАСЫЩЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Известно, что в режиме несимметрии нагрузки по фазам в трехфазных потребительских трансформаторах возникает магнитное поле нулевой последовательности, искажающее звезду вторичных напряжений и вызывающее добавочные потери в элементах конструкции трансформатора. Величина этого поля пропорциональна индуктивной составляющей полного сопротивления нулевой последовательности и току в нейтральном проводе.

Параметры нулевой последовательности расчетом определить очень сложно из-за насыщения сердечника трансформатора, наличия ферромагнитного бака и т. д., поэтому целесообразно опытное определение параметров нулевой последовательности. Это дает возможность вычислить э. д. с. нулевой

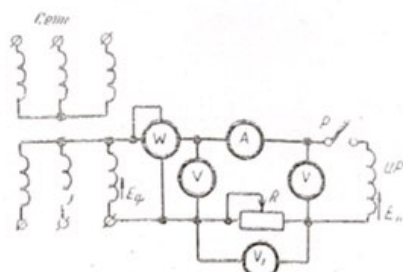


Рис. 1.

последовательности (перекосы звезды) и добавочные потери, возникающие вследствие несимметрии нагрузки по фазам.

При опыте необходимо наиболее полно воспроизвести процессы, происходящие в режиме несимметрии нагрузки по фазам, и прежде всего намагнитить сердечник трансформатора до номинальной индукции. Опытное определение параметров насыщенного трансформатора [Л. 1] требует пересоединения в треугольник обмотки, соединенной в звезду с нулем. При такой схеме опыта имеет место неопределенность при нахождении параметров нулевой последовательности, поскольку при питании треугольника напряжениями АВ, ВС, СА, ВА, СВ, АС, АО, ВО, СО, ОА, ОВ, ОС значительно изменяется баланс мощностей, потребляемых первичной и вторичной обмотками, что в свою очередь ведет к резкому изменению параметров. В схему опыта (рис. 1) входит исследуемый трансформатор Тр, первичная обмотка которого подключается к сети, индукционный регулятор ИР (на рисунке показана его вторичная обмотка, соединенная с обмоткой трансформатора), регулировочное сопротивление R и комплект измерительных приборов. Три вольтметра в цепи вторичной обмотки дают возможность сфазировать напряжение потенциал-регулятора и э. д. с. вторичной обмотки трансформатора.

Опыт определения параметров нулевой последовательности трансформатора с соединением обмоток звезда — звезда с нулем производится в следующей последовательности.

Проводится опыт х. х. (цель вторичной обмотки трансформатора разомкнута) и регистрируются показания приборов  $P_{x,x}$ ,  $U$  и  $I_{x,x}$  первичной обмотки исследуемого трансформатора.

Потенциалом-регулятором устанавливается напряжение  $E_n$  ( $E_n > E_\phi$ ), сфазированное с  $E_\phi$ , регистрируются показания всех приборов схемы:  $P_1$ ,  $U_1$ ,  $I_1$ ,  $P_2 = P_n$ ,  $E_n - E_\phi$  и  $I_2 = I_n$ .

Для второй фазы опыта характерны возникновение поля нулевой последовательности и передача энергии в сеть под действием  $E_n - E_\phi$ .

Баланс мощности выражается следующим равенством:

$$P_n - P_p - P_{x,x} = P_0 \quad (1)$$

где  $P_n$  — мощность, подводимая со стороны вторичной обмотки трансформатора;

$P_p$  — мощность, отдаваемая в сеть (рекуперированная);

$P_{x,x}$  — потери х. х. трансформатора;

$P_0$  — мощность, представляющая потери от потоков нулевой последовательности.

Необходимо отметить, что поле нулевой последовательности, создаваемое  $E_n - E_\phi$ , не проникает в соседние стержни сердечника, намагниченные током, поступающим в первичную обмотку из сети.

Поле нулевой последовательности, как показывает зондирование мерительными катушками, создается также обмотками двух других стержней сердечника аналогично однофазному несимметричному режиму нагрузки трансформатора.

Поле нулевой последовательности проходит по сердечнику, воздушному зазору и баку трансформатора и вызывает в них добавочные потери.

После упрощения схемы замещения (рис. 2) полное сопротивление системы  $z_c \approx 0$ , полное сопротивление х. х. трансформатора  $z_\mu = \infty$ .

$z_\mu \gg z_0$ , поэтому полное сопро-

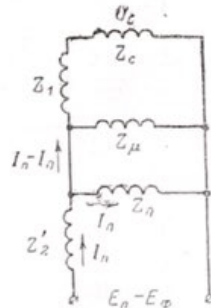


Рис. 2.



твление нулевой последовательности трансформатора можно выразить уравнением

$$z_0 = \frac{z'_2 z_1 - z_n z_1}{z_n - z'_2 - z_1}, \quad (2)$$

где  $[z_n = \frac{E_n - E_\phi}{I_n}$ ,

$z_1$  и  $z'_2$  — полные сопротивления обмоток.  
Или

$$z_0 = \frac{z_n \left( \frac{z_n}{2} - z_n \right)}{2(z_n - z_n)}. \quad (3)$$

Активная составляющая полного сопротивления нулевой последовательности

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2}, \quad (4)$$

где  $I_0$  — ток, обтекающий вторичную обмотку трансформатора и полное сопротивление нулевой последовательности (рис. 2). Пренебрегая незначительным по величине углом сдвига между векторами  $E_n$  и  $E_\phi$ , получим:

$$I_0 = \frac{E_n - E_\phi}{z_0 + z'_2}. \quad (5)$$

Индуктивная составляющая нулевой последовательности по выражениям (3) и (4)

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - R_0^2}.$$

Определенные описанным способом параметры нулевой последовательности потребительского трансформатора ТМ-20 со схемой обмоток звезда — звезда с нулем приведены ниже. Здесь же даны параметры нулевой последовательности, полученные методом, описанным в [Л. 2], и параметры нулевой последовательности для того же трансформатора, полученные в результате анализа однофазного несимметричного режима.

Способ определения параметров	Параметры трансформатора ТМ-20, ом		
	$z_0$	$x_0$	$R_0$
Описанный в настоящей статье	0,51	0,24	0,45
По [Л. 2]	1,2	0,6	1
Анализ несимметричного режима	0,67	0,28	0,61

Анализ результатов определения параметров нулевой последовательности, полученных тремя способами, свидетельствует о том, что наибольшее приближение данных к истинным параметрам в трансформаторе при несимметрии нагрузки по фазам обеспечивает способ, предусматривающий насыщение сердечника трансформатора.

## ВЫВОД

При опытным определении параметров нулевой последовательности необходимо предусматривать намагничивание сердечника трансформатора до номинальных уровней индукции.

Инж. В. А. КОЗЮКОВ, канд. техн. наук А. А. ПЯСТОЛОВ

## ЛИТЕРАТУРА

- С. М. Гохберг, Влияние несимметрии нагрузки на вторичные напряжения трехфазных трансформаторов, ОНТИ, Ленинград, 1934.
- Г. Н. Петров, Электрические машины, ч. I, Госэнергоиздат, 1956.

УДК 621.314.222.6.004.68

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВОДНОГО МЕХАНИЗМА ТИПА ПДП-1 ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Силовые трансформаторы, оборудованные переключателями ответвлений под нагрузкой, все больше применяются в энергосистемах. Часть из них снабжается автоматическими

регуляторами напряжения. Переключающие устройства таких трансформаторов используются более интенсивно. Это требует большей надежности переключающих устройств и всей аппаратуры.

Существующая конструкция и схема управления электропривода переключающего устройства типа ПДП-1 обладают некоторыми существенными недостатками, основные из которых, по нашему мнению, заключаются в следующем.

При работе механизма от электропривода выбрана большая скорость переключения с одного положения на другое. Весь процесс переключения происходит за 3 сек. На это же переключение рукояткой вручную требуется не менее 15 сек. Большая скорость процесса переключения, запас мощности двигателя и наличие выбега двигателя и механизма привели к необходимости применения в процессе переключения торможения противовключением. Осуществляется это при помощи введенного в схему реле контроля скорости РКС (рис. 1). Предохранители защиты двигателя должны выбираться из условия отстройки от токов, сопутствующих торможению противовключением. Выбранные таким образом предохранители не отключают двигатель при его перегрузке даже с полной остановкой. В этом случае сначала сгорает обмотка двигателя и после этого срабатывают предохранители.

Предельные выключатели включены в схему так, что каждый из них размыкает цепь только одного реле. В нормальном режиме такая схема не обнаруживает каких-либо недостатков. Если же по какой-нибудь причине (например, после замены кабеля) чередование фаз подведенного к приводу напряжения изменилось, то первое же его включение приводит к безостановочному движению всего переключающего устройства в одну сторону. Если при этом механическая блокировка не остановит электродвигатель, то может произойти повреждение внутренней части трансформатора. Завод-изготовитель не гарантирует механическую блокировку на этот случай.

Безостановочное движение привода при изменении чередования фаз происходит следующим образом. Пусть для переключения в направлении от 1 к 9 была нажата кнопка 1К (рис. 1). При этом сработало реле 1П, двигатель же пошел на переключение в сторону от 9 к 1. Контакты барабанного контроллера 5—3 замыкаются через них. В процессе движения механизма замыкаются противоположные контакты реле контроля скорости РКС (9—1), и после окончания одного цикла переключения и разрыва контакта 5—3 контроллера реле 1П не возвращается благодаря подпитке через контакт РКС (9—1). Так начинается новый цикл переключения. При достижении крайнего первого положения разрывается контакт предельного выключателя ПВ (9—1). Однако и это не приводит к остановке механизма, так как данный контакт предельного выключателя находится в цепи другого невозбужденного реле.

К безостановочному движению приводного механизма может привести и приваривание контактов или застревание по-

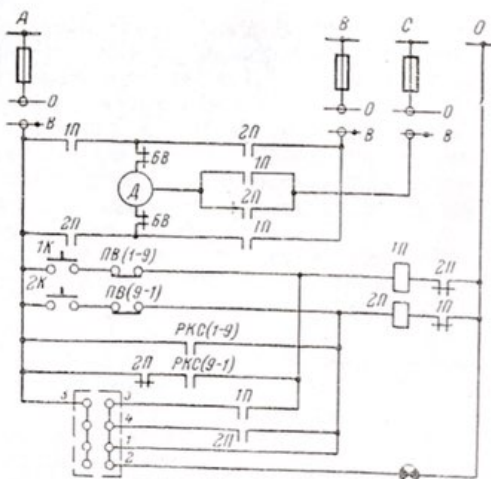


Рис. 1. Электрическая схема.