

АНАЛИЗ ВЫБОРА ТРАНСФОРМАТОРА СОБСТВЕННЫХ НУЖД С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ ПРИ ТОКАХ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Любицкий А. М., Чебанов К. А., Кумратова Ж. Р., Головченко А. П.

ГАОУ ВПО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия (357108, Невинномысск, Бульвар Мира 17), info@nggti.ru

В настоящее время вопросам выбора трансформаторов собственных нужд, способам и схемам их защиты уделяется достаточно много внимания. Согласно основному нормативному документу ФСК ЕЭС «На подстанциях с переменным и выпрямленным оперативным током трансформаторы собственных нужд должны присоединяться через предохранители на участке между вводами низкого напряжения основного трансформатора и его выключателем». Однако при выборе высоковольтных предохранителей иногда забывают важное указание п. 1.4.3 ПУЭ: «Цепь считается защищенной плавким предохранителем, если его отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил, и он способен отключить наименьший возможный аварийный ток в данной цепи». Здесь следует отметить важный момент, что говорится в этом документе о минимальном токе отключения, который является весьма характерным показателем именно высоковольтных предохранителей. Предлагается выбор трансформаторов собственных нужд производить также с учетом не только анализа величин напряжений короткого замыкания, но и токов холостого хода.

Ключевые слова: трансформаторы собственных нужд, предохранители, короткое замыкание.

ANALYSIS OF CHOICE AUXILIARY TRANSFORMERS WITH SECURE PROTECTION OPERATION AT SHORT CIRCUIT CURRENTS

Lyubitsky A. M., Chebanov K. A., Kumratova J. R., Holovchenko A. P.

«Nevinnomyssk State Humanitary and Technical Institute», Nevinnomyssk, Russia (357108, Nevinnomyssk, Bulvar Mira, 17), info@nggti.ru

Currently, the choice of auxiliary transformers, process and circuit protection is given a lot of attention. According to the basic normative document FGC UES "For substations with AC and rectified control current auxiliary transformers must be connected via a fuse in the area between the inputs of the main low voltage transformer and switch." However, when choosing a high fuse sometimes forget important indication p. 1.4.3 RB: "The chain is protected by a fuse if its breaking capacity is selected in accordance with the requirements of this Regulation and is able to disable the smallest possible fault current in this circuit." Here we should note an important point that is said in the document on the minimum breaking current, which is very characteristic indicator is high fuse. A selection of auxiliary transformers also taking into account not only the analysis of the short-circuit voltage values, and currents of idling.

Keywords: auxiliary transformers, fuses, short-circuit.

В настоящее время вопросам выбора трансформаторов собственных нужд, способам и схемам их защиты уделяется достаточно много внимания [1–9]. И это далеко не полный список. Согласно основному нормативному документу ФСК ЕЭС [5] «На подстанциях (ПС) с переменным и выпрямленным оперативным током трансформаторы собственных нужд (ТСН) должны присоединяться через предохранители на участке между вводами НН основного трансформатора и его выключателем».

Однако при выборе высоковольтных предохранителей иногда забывают важное указание п. 1.4.3 ПУЭ [8]: «Цепь считается защищенной плавким предохранителем, если его отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил, и он способен отключить наименьший возможный аварийный ток в данной цепи». Здесь следует

отметить важный момент, что говорится в этом документе о минимальном токе отключения, который является весьма характерным показателем именно высоковольтных предохранителей [8].

Относительно применения предохранителей в схемах защит трансформаторов собственных нужд (ТСН) с разными схемами соединения обмоток имеются недостатки у ТСН со схемой соединения обмоток Y/Y -н, которые особенно проявляются при защите ТСН высоковольтными предохранителями [8]. Предохранители 6–35 кВ, как правило, не могут обеспечить требуемую надежность отключения однофазных КЗ (ОКЗ) ТСН со схемой соединения обмоток Y/Y -н ввиду больших величин сопротивлений нулевой последовательности указанных трансформаторов. Это возможно, так как величина минимального тока отключения предохранителей $I_{\text{мин.пр}}$, по данным как отечественных, так и зарубежных производителей [7], изменяется в широких пределах:

$$I_{\text{мин.пр}} = (3 \div 10) I_{\text{ном.пр}},$$

где $I_{\text{ном.пр}}$ – номинальный ток предохранителя.

Номинальный ток предохранителя $I_{\text{ном.пр}}$ по условиям отстройки от броска тока намагничивания ТСН согласно [4] выбирается в среднем равным:

$$I_{\text{ном.пр}} \approx 2,5 I_{\text{ном.тр}},$$

где $I_{\text{ном.тр}}$ – номинальный ток ТСН.

В результате минимальный ток предохранителей по отношению к номинальному току ТСН оказывается в пределах [9]:

$$I_{\text{мин.пр}} \approx (3 \div 10) \cdot 2,5 \approx (7,5 \div 25) I_{\text{ном.тр}}.$$

Расчеты же показывают, что ток ОКЗ ТСН со схемой соединения обмоток Y/Y -н иногда достигает лишь $4 \div 5 I_{\text{ном.тр}}$, а с учетом сопротивлений кабеля, электрической дуги и др. элементов связи ТСН с главным распределительным щитом 380/220 В (ГРЩ) величина ОКЗ оказывается еще меньше [9]. Поскольку в этих случаях $I_{\text{ОКЗ}} < I_{\text{мин.пр}}$, то отключить такой ток предохранитель не в состоянии. Рекомендации о возможности применении силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток Δ/Y -н вместо Y/Y -н имеются в международных рекомендациях [2]. Однако следует заметить, что при определенных условиях чувствительность предохранителей может оказаться недостаточной даже и в сочетании с ТСН со схемой соединения обмоток Δ/Y н [2].

Для увеличения чувствительности вводного АВ проектировщики в ряде случаев идут на повышение значений токов КЗ путем увеличения сечения кабелей отходящих с ГРЩ фидеров [9]. Такое увеличение сечения приводит к существенному удорожанию стоимости строительства и усложняется монтаж и подключение кабелей большого сечения.

Предлагается выбор ТСН производить также с учетом не только анализа величин напряжений короткого замыкания, но и токов холостого хода. Считается, что максимальное значение Φ достигается примерно через полпериода после включения, т. е. при $\omega \cdot t \approx \pi$, [7], т.е. увеличение основного магнитного потока происходит на величину:

$$e^{-\frac{r_m \cdot t}{L_m}} = e^{-\frac{r_m \cdot \pi}{x_m}} \approx 1,$$

Кроме того, предполагалось, что остаточный магнитный поток может составлять до 50 % от основного (возможно, это имеет место для трансформаторов с горячекатаной сталью). Для трансформаторов из холоднокатаной стали эта цифра завышена. Кроме того, ток холостого хода может составлять не 2,5%, а меньше двух, лишь до (1.3–1.4) %. В таблице 1 приведены данные расчетов параметров схемы замещения различных видов трансформаторов, в соответствии с паспортными данными.

В этих случаях токи ОКЗ могут превышать лишь в 60–70 раз амплитуду установившегося тока холостого хода и соответственно амплитуду номинального тока лишь на (5–10) %. Следовательно:

$$I_{\text{мин.пр}} \approx (3 \div 10) \cdot 1,1 \approx (3,3 \div 11) I_{\text{ном.тр.}}$$

Из представленных в таблице вариантов трансформаторов удовлетворяют поставленным условиям это варианты № 3, 4, 5. В [1] для трансформатора собственных нужд рекомендуется именно вариант № 4.

Таблица 1

Данные расчетов параметров схемы замещения различных видов трансформаторов, в соответствии с паспортными данными

№ пп	Тип трансформатора	Параметры параллельной цепи схемы замещения		Ток холостого хода I_{xx} %	$e^{-\frac{r_m \cdot \pi}{x_m}}$
		r_m ; Ом	L_m ; Гн		
1	ТМ-630/10-0.4	981	25	2	0.67
2	ТМЗ-630/10-0.4	413	13.5	3.2	0.73
3	ТМЗ-1000/10-0.4	1247	22.4	1.4	0.57
4	ТМ-1000/10-0.4	1247	22.4	1.4	0.57
5	ТМ-1000/10-0.4	1219	20.9	1.5	0.56

Следовательно, вопрос о дополнительной защите ТСН от однофазного замыкания на землю при помощи чувствительного реле, подключённого к трансформаторному фильтру токов нулевой последовательности должен решаться индивидуально. Существующей в настоящее время является серийно выпускаемая защита РЗН-3 [6].

Список литературы

1. Выбор трансформаторов собственных нужд. Яндекс. Директ 13.05 2012.
2. Компания SchneiderElectric. «Руководство по электрическим установкам 2005».
3. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студентов проф. образования по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / Е. А. Конюхова. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.
4. Сборник директивных материалов по эксплуатации энергосистем (электротехническая часть). – 2-е изд. – М.: Энергоиздат, 1981.
5. СТО 56947007. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (НТП ПС) / Стандарт организации. ОАО «ФСК ЕЭС», 2009.
6. Трансформатор собственных нужд. Способы и схемы защит / Oborudovanie-qognoe.ru/content.
7. ООО «КВАРЦ». «Предохранители токоограничивающие серии ПКТ и ПКН. Техническое описание и инструкция по эксплуатации».
8. Федоровская А. И., Фишман В. С. Силовые трансформаторы 6–10/0,4 кВ. Особенности применения различных схем соединения обмоток // Новости ЭлектроТехники. – 2009. – № 6 (60).
9. Фишман В.С. Система питания собственных нужд // Новости ЭлектроТехники. – 2011. – № 05 (70).

Рецензенты:

Тахтамышев Х. М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, ГАОУ ВПО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», г. Невинномысск;

Стрижаков Е. Л., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Строительства и сварочного производства, ГАОУ ВПО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», г. Невинномысск.