

УДК 621.311

И.В. Пантелеева, Т.В. Плахотя

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

В работе рассмотрены вопросы защиты специфических устройств электроэнергетических систем: электродвигателей, трансформаторов электропечных установок, выпрямительных агрегатов, сборных шин и токопроводов. Например, электродуговые плавильные установки (дуговые сталеплавильные и руднотермические) характеризуются очень большими токами, что не даёт возможность подключения их непосредственно к шинам источника питания, необходим электропечной трансформатор. В статье проанализированы устройства защиты таких элементов, оценены их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: устройство защиты, аккумуляторная батарея, электропечной трансформатор, электродвигатель, короткое замыкание.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

На электростанциях и крупных подстанциях необходимы установки постоянного тока с аккумуляторными батареями для питания цепей управления, сигнализации, автоматики, аварийного освещения, а также для электроснабжения наиболее ответственных механизмов собственных нужд, которые обеспечивают сохранение оборудования в работоспособном состоянии (маслонасосы смазки, уплотнений вала, систем регулирования турбогенераторов и др.) [1, 2].

В системах электроснабжения применяются потребители электрической энергии различного вида: электродвигатели (ЭД), электрические печи, лампы накаливания, выпрямительные и преобразовательные установки. В процессе эксплуатации они, как и другие элементы системы электроснабжения, могут повреждаться. Опасны также ненормальные режимы работы, сопровождающиеся прохождением сверхтоков, сокращающих срок службы оборудования. Поэтому данные электроустановки снабжаются защитой от повреждений и ненормальных режимов.

Цель данной работы заключается в систематизации и анализе существующих устройств защиты и автоматики некоторых специальных установок энергосистем.

Основной материал

Одним из примеров таких устройств может служить электродуговые плавильные установки, которые характеризуются сравнительно низкими напряжениями горения электрической дуги. При значительных мощностях печи это обуславливает очень большие токи (десятки килоампер). В процессе электроплавки металла сопротивление дуги сталеплавильной печи резко изменяется, вследствие чего возможны частые эксплуатационные короткие замыкания (к.з.) электродов на металл и обрывы дуги. Все это сопровождается резкими и быстрыми изменениями тока и напряжения. Обрывы дуги вызывают значительные перенапряже-

ния. Не желательны также высшие гармонические, генерируемые дугой и проникающие питающую сеть. Отмеченные особенности дуговых печей не позволяют подключать их к шинам источника питания. Дуговые сталеплавильные и руднотермические печи присоединяются к питающим электросетям через отдельные для каждой установки однофазные или трехфазные согласующие электропечные трансформаторы, отличающиеся от обычных силовых трансформаторов.

Электропечные трансформаторы имеют широкий диапазон регулирования коэффициента трансформации и большие токи на стороне низшего напряжения, требующие установки измерительных трансформаторов на токи до $I_1 = 25$ кА и выше. Технологический процесс требует регулирования напряжения печи. Это осуществляется переключением секций обмотки высшего напряжения.

Для трансформаторов электропечных установок предусматривают следующие виды защит: токовую защиту без выдержки времени от многофазных к.з., токовую защиту от перегрузки; ггазовую защиту; защиту от однофазных к.з. на землю. Несмотря на значительную мощность трансформаторов электропечных установок (>60 МВА), дифференциальная защита не предусматривается.

Токовая защита без выдержки времени от многофазных к.з. в двухфазном, двух- или трехрелейном исполнении устанавливается со стороны питания с током срабатывания:

$$I_{с.з.}^I = K_{отс.}^I \cdot I_{т.ном.}, \quad (1)$$

где коэффициент отстройки $K_{отс.}^I = 2,0 \dots 3,0$ для руднотермических печей и $K_{отс.}^I = 3,0 \dots 4,5$ для дуговых сталеплавильных печей. Повышенные значения $K_{отс.}^I$ обеспечивают отстройку от токов эксплуатационных к.з., ликвидируемых устройством автоматического регулирования мощности.

В общем случае токи эксплуатационных к.з. могут незначительно отличаться от токов к.з. при

повреждении на стороне низшего напряжения трансформатора, поэтому защита может оказаться нечувствительной к этим повреждениям, что является ее недостатком. Однако уже имеются разработки, направленные на устранение этого недостатка.

Токовая защита от перегрузки включается через трансформаторы тока, установленные на стороне низшего напряжения. Если они отсутствуют, используют трансформаторы тока со стороны питания. Учитывая возможность несимметрии токов фаз, защиту от перегрузки выполняют трехфазной. Параметры ее срабатывания выбирают таким образом, чтобы при токе срабатывания:

$$I_{с.з.} = (1,4 \dots 1,5) \cdot I_{т.ном.}$$

выдержка времени составляла $I_{с.з.} \approx 10$ с. При этом также обеспечивается отстройка от токов эксплуатационных к.з.

Защита от однофазных к.з. на землю предусматривается, если это требуется по условиям работы сети с глухозаземленной нейтралью.

Еще одним специфическим элементом энергосистемы являются преобразовательные установки, которые подразделяются на выпрямительные, инвертирующие, преобразующие частоту, преобразующие число фаз и т.д. В нашей стране около 25% всей электроэнергии, производимой при синусоидальной форме напряжения, преобразуется выпрямительными установками для обеспечения электроснабжения электропривода постоянного тока и электрифицированного транспорта, гальванических ванн и электрометаллургических установок, обмоток возбуждения синхронных электрических машин и электрохимических установок. В выпрямительных установках наибольшее применение нашли силовые полупроводниковые преобразователи. К питающей сети переменного тока они подключаются через трансформатор, образуя преобразовательный агрегат. К повреждениям преобразовательного агрегата относятся повреждения трансформатора, а также к.з. в системе переменного тока и пробой полупроводниковых вентилях, т.е. потеря ими запирающих свойств. При пробое возможны образование электрической дуги в поврежденном вентиле и его взрыв, сопровождающийся перебросом дуги на токоведущие части преобразователя. Ненормальными режимами агрегата являются прохождения сверхтоков при перегрузках и внешних к.з. в системе выпрямленного тока и нарушении работы устройств собственных нужд установки.

Основными защитами трансформатора преобразовательного агрегата являются максимальная токовая защита без выдержки времени от многофазных к.з. в обмотках и на выводах трансформатора, газовая защита и токовая защита от перегрузки, если нет защиты от перегрузки полупроводникового преобразователя.

Токовая защита без выдержки времени в установках с первичным напряжением выше 1 кВ, как правило, выполняется двухфазной трёхрелейной.

Ток срабатывания защиты выбирается по условию: $I_{с.з.} = K_{отс.} \cdot MI_{т.ном.}$ Коэффициент принимается с учётом отстройки от бросков тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора и от возможных толчков тока на грузки.

В настоящее время дополнительно к защите на полупроводниковом преобразователе предусматриваются устройства защиты, для выполнения которых используют быстродействующие электромагнитные автоматические выключатели, вакуумные и взрывные выключатели, импульсные дуговые коммутаторы, полупроводниковые тиристорные выключатели; быстродействующие токоограничивающие плавкие предохранители; предохранители многократного действия (жидкометаллические).

И, наконец, рассмотрим особенности защит конденсаторных установок. Основной вид повреждений таких установок – пробой конденсаторов – приводит к двухфазному к.з., которое чаще всего устраняется плавкими предохранителями. Предохранители осуществляют либо групповую защиту батарей, из которых состоит установка, либо индивидуальную защиту их секций. Ток плавкой вставки предохранителя отстраивается от тока переходного процесса при включении конденсаторов: $I_{вс. ном.} \approx 2,5 I_{с. ном.}$ - номинальный ток конденсаторов. Кроме того, выполняется общая защита всей конденсаторной установки. При напряжении конденсаторов до 1 кВ она осуществляется плавкими предохранителями или быстродействующими автоматами, а при напряжениях 6 – 10 кВ – с помощью мгновенного токового реле, включаемого на разность токов двух фаз и имеющего ток срабатывания: $I_{с.р.} = K_{зап.} MI_{ном.} n_T$, где $K_{зап.} = 2 \dots 2,5$ – коэффициент запаса, имеющий значительную величину из-за необходимости учитывать бросок тока при включении установки; $I_{ном.}$ – номинальный ток конденсаторной установки.

Автоматическое регулирование напряжения с помощью конденсаторных установок может осуществляться в функции напряжения, величины тока нагрузки, величины или знака реактивной мощности, времени суток (программное управление с помощью контактных электрических часов).

Автоматика выполняется одноступенчатой, когда автоматически включается (отключается) вся установка, или многоступенчатой, когда коммутируются отдельные батареи или секции.

Многоступенчатое регулирование позволяет осуществлять автоматический регулятор конденсаторных батарей типа АРКОН. Он содержит командный блок и несколько приставок. В этом устройстве регулятор только выявляет направление воздействия: включение или отключение очередной секции конденсаторной батареи. Подлежащая включению или отключению секция определяется логикой работы приставок. Очередность действия приставок может быть двоякой. В первом случае предполагаются равные мощности конденсаторных батарей, тогда приставки и соответствующие им

секции включаются поочередно. Во втором случае мощности секций берутся неравными для увеличения числа ступеней регулирования. Например, три секции с соотношением мощностей 1:2:4 позволяют семь ступеней регулирования с мощностями, относящимися как 1:2(1+2):4(1+4)(2+4):(1+2+4).

Выводы

1. В статье рассмотрены некоторые специальные устройства энергосистем, описаны их специфические особенности.

2. Проанализированы возможные повреждения электропечных трансформаторов, трансформаторов преобразовательных установок, конденсаторных батарей.

3. Перечислены и систематизированы основные защиты таких устройств, отмечены их недостатки и достоинства.

Список литературы

1. Свенчанский А.Д. Электроснабжение и автоматизация электротермических установок / А.Д. Свенчанский, З.И. Трейзон. – М., 1994. – 319 с.

2. Мельников Л.Я. Опыт эксплуатации схемы автоматического управления конденсаторными батареями / Л.Я. Мельников // Пром. энергетика. 1987. – № 3. – С. 42-47.

Поступила в редколлегию 12.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

ДЕЯКІ ПИТАННЯ АНАЛІЗА ПРИЛАДІВ ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ СПЕЦІАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

I.V. Pantelyeyeva, T.V. Plahotja

У роботі розглянуті питання захисту специфічних приладів електроенергетичних систем: електродвигунів, трансформаторів електричних установок, вирівнювальних агрегатів, збірних шин і струмопроводів. Наприклад, електродігові плавильні установки (дугові сталеплавильні та руднотермічні) характеризуються надто великими струмами, що не дає можливості підключення їх безпосередньо до шин джерела живлення, треба використовувати електронічний трансформатор. У статті проаналізовані прилади захисту таких елементів, зроблена оцінка їх переваг та недоліків.

Ключові слова: прилади захисту, акумуляторна батарея, електричний трансформатор, електродвигун, коротке замикання.

SOME QUESTIONS OF THE ANALYSIS OF DEVICES OF PROTECTION AND AUTOMATICS SPECIAL ELECTROINSTALLATIONS

I.V. Pantelyeyeva, T.V. Plahotja

In work the considered questions of protection of specific devices of electropower systems: electric motors, transformers of the electric installations, leveling units, modular trunks and electrical pathways. For example, electroarc installations (arc steel-smelting and orethermic) are characterized rather greater currents which do not give an opportunity of their connection directly to trunks of the power supply, it is necessary to use the electrooven transformer. In clause the analysed devices of protection of such elements, the made estimation of their advantages and lacks.

Keywords: devices of protection, the storage battery, the electric transformer, the electric motor, short circuit.