

и реверсивный режим работы. Таким образом, выбор главной схемы электрических соединений ГЭС и ГАЭС зависит от располагаемой мощности станции, режима ее работы (в ЭЭС или автономно), типа и единичной мощности гидроагрегатов, ответственности потребителей.

Литература

1. Алексеев, Б.А., Мамиконянц, Л.Г., Савваитов, Д.С. Основное электрооборудование электрических станций и сетей // Электрические станции. – 2005. – № 2.
2. Иванов-Смеленский, А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. В 2-х т. – М.: Изд-во МЭИ, 2004.
3. Электромашинно-вентильные комплексы – повышение надежности и экономичности генерирования и потребления электроэнергии / Антипов К.М., Лабунец И.А., Лазарев Г.Б. и др. // Электрические станции. – 2005. – № 2.
4. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

УДК 621.311.1

ЗАЩИТА ОТ СВЕРХТОКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ ПЛАВКИМИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМИ

Петрова В.С., Угоренко В.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

Под сверхтоком понимаются токи длительной перегрузки и короткого замыкания (КЗ), возникающие в электрической цепи при нарушении нормального режима работы электроустановки. Сверхтоки могут привести не только к отказам в работе электрооборудования, но и быть причиной пожара или взрыва при неблагоприятных условиях окружающей среды. Для предотвращения негативных последствий аномальных режимов в электроустановках применяются устройства защиты от сверхтоков: автоматические выключатели, плавкие предохранители и автоматические выключатели в сочетании с предохранителями. В данной работе рассматривается защита проводников от сверхтоков с помощью плавких предохранителей.

Предохранители являются одними из наиболее простых и надежных аппаратов защиты от максимального тока в электроустановках до 1 кВ. Их защитные свойства определяются типом предохранителя, габаритом патрона и номинальным током плавкой вставки. Меньшее влияние на характеристики срабатывания предохранителя оказывают температура окружающей среды, степень старения плавкой вставки, способ монтажа.

Для выбора предохранителя нужно знать параметры защищаемого электрооборудования, а именно:

- номинальный ток;
- длительно допустимый ток;
- максимальный кратковременный (пиковый) ток нагрузки, возникающий при пуске электроприемников или при работе приемников с резко переменным графиком нагрузки;
- ток длительной перегрузки и ток КЗ в точке установки защитных аппаратов.

Существующая общепринятая методика предусматривает выбор номинального тока плавкой вставки предохранителя I_B по расчетному току защищаемой цепи с учетом необходимого отстраивания от токов кратковременной допустимой перегрузки (пусковых токов, токов самозапуска электрооборудования и т. д.) по формулам:

$$I_B > I_p;$$
$$I_B \geq \frac{I_{\text{пик}}}{\alpha},$$

где I_p – расчетный (рабочий) ток защищаемой цепи;

$I_{\text{пик}}$ – пиковый ток, возникающий в защищаемой цепи;

α – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки плавкой вставки, находящийся в пределах 1,6–2,5.

С 1 марта 2003 года в Республике Беларусь введен в действие комплекс стандартов ГОСТ 30331 «Электроустановки зданий», в котором определены требования к защите от сверхтоков в электроустановках до 1 кВ и более четко установлена связь между применяемыми защитными устройствами от сверхтоков и сечениями проводников электрических сетей [1–3].

В соответствии с [1] для тока КЗ продолжительностью до 5 с время, в течение которого температура проводника повышается от предельнодопустимой в нормальном режиме до максимально допустимой при КЗ, может быть приблизительно определена по формуле

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_k^2},$$

где k – коэффициент, зависящий от материала и вида изоляции проводника, $\text{А} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{мм}^2$;

S – площадь поперечного сечения проводника, мм^2 ;

I_k – действующее значение тока КЗ, А.

Рассчитанное с учетом конкретных исходных данных электроустановки значение t представляет собой предельное время, в течение которого защита должна отключать ток КЗ. Зависимость t от I_k является характеристикой термической стойкости защищаемых проводников (рисунок 1).

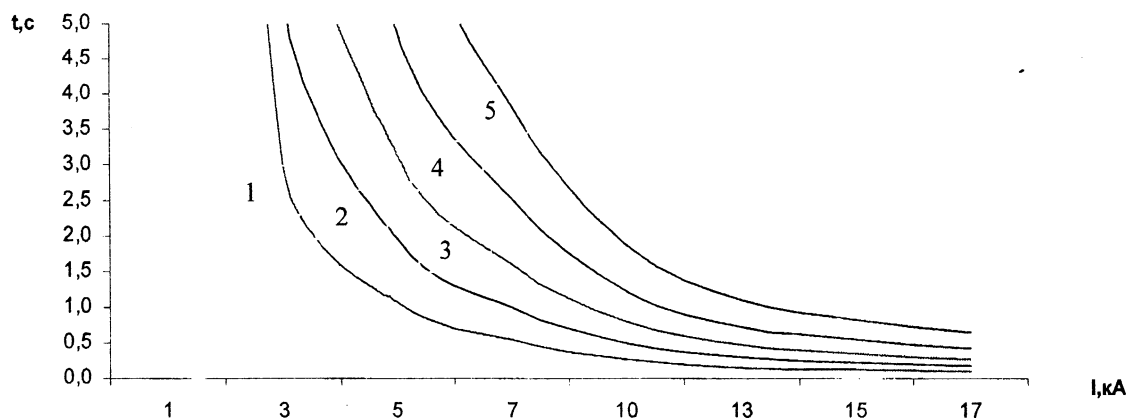


Рисунок 1. Характеристики термической стойкости для проводников с поливинилхлоридной изоляцией и алюминиевыми жилами стандартных сечений: 1 – $S = 70 \text{ мм}^2$; 2 – $S = 95 \text{ мм}^2$; 3 – $S = 120 \text{ мм}^2$; 4 – $S = 150 \text{ мм}^2$; 5 – $S = 185 \text{ мм}^2$

Чтобы убедиться в том, что аппарат защиты способен отключить сверхток за время, не превышающее значение t , необходимо совместить характеристики термической стойкости проводников с защитными характеристиками плавких вставок предохранителей, отражающими зависимость времени срабатывания аппарата защиты от тока КЗ (рисунок 2).

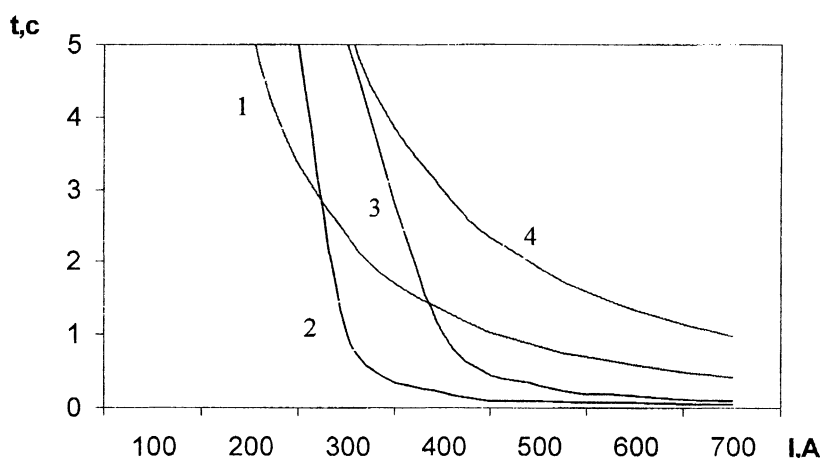


Рисунок 2. Совмещенные характеристики термической стойкости проводников и защитные характеристики плавких вставок предохранителей: 1 – защитная характеристика плавкой вставки предохранителя с номинальным током 60 А; 2 – характеристика термической стойкости проводника сечением 4 мм²; 3 – защитная характеристика плавкой вставки предохранителя с номинальным током 80 А; 4 – характеристика термической стойкости проводника сечением 6 мм²

Для обеспечения защиты нужно, чтобы при любом токе в электрической цепи время срабатывания плавкого предохранителя не превышало времени термической стойкости защищаемого проводника. При неправильном выборе плавких вставок может оказаться, что предохранитель не защищает проводник при сверхтоках, меньших некоторых критических значений. Такой случай показан на рисунке 2 для алюминиевого проводника с поливинилхлоридной изоляцией сечением 4 мм² при использовании предохранителей с номинальными токами плавкой вставки 60 и 80 А.

Рабочая характеристика любого защитного устройства, защищающего кабель от перегрузки, должна соответствовать следующим условиям [1]:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{в}}; \tag{1}$$

$$I_{\text{в}} \geq I_{\text{р}}; \tag{2}$$

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ср}}}{1,45}, \tag{3}$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток кабеля;

$I_{\text{в}}$ – ток плавкой вставки предохранителя;

$I_{\text{р}}$ – расчетный (рабочий) ток электрической цепи;

$I_{\text{ср}}$ – ток, обеспечивающий надежное срабатывание устройства защиты (для предохранителей – ток плавления вставки при заданном времени срабатывания защитных аппаратов).

Следует отметить, что выполнение условий (1)–(3) может не обеспечивать полную защиту от длительного сверхтока, значение которого меньше $I_{\text{ср}}$. В [1] предполагается, что небольшие перегрузки с большой продолжительностью маловероятны.

Очевидно, что должно соблюдаться условие:

$$I_{\text{ср}} \leq I_{\text{пер}},$$

где $I_{\text{пер}}$ – допустимый ток перегрузки защищаемого проводника (электрической сети).

Значение $I_{\text{ср}}$ можно определить по защитным характеристикам предохранителей, используя предельно допустимое время срабатывания защиты. Если перегрузка про-

водников недопустима, то для распределительных сетей в зданиях наибольшее время отключения защиты можно принять равным 5 с, а для сетей, питающих передвижное или переносное электрооборудование – 0,4 и 0,2 с при напряжении сети 380 и 660 В соответственно [3].

Выводы

1. Для выбора плавких предохранителей в электроустановках зданий необходимо иметь данные о значениях токов перегрузки и токов КЗ в местах установки устройств защиты от сверхтоков.

2. При защите от токов КЗ следует учитывать характеристики термической стойкости проводников, зависящие от площади сечения жилы, материала проводника и его изоляции.

Литература

1. ГОСТ 30331.5-95. Защита от сверхтока.
2. ГОСТ 30331.9-95. Применение мер защиты от сверхтоков.
3. ГОСТ 30331.3-95. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

УДК 620.004.5

ВЫБОР СХЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕМЕНТОВ С ТРЕМЯ СОСТОЯНИЯМИ

Курс И.Г.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор АНИЩЕНКО В.А.

Надежность систем при одной и той же надежности составляющих ее отдельных элементов можно повысить за счет структурного резервирования.

Для каждого идентичного элемента с тремя возможными состояниями соблюдается условие:

$$p + q_o + q_s = 1,$$

где p – вероятность безотказной работы элемента;

q_o – вероятность отказа элемента типа «обрыв»;

q_s – вероятность отказа элемента типа «замыкание».

Для системы в целом имеется аналогичное условие:

$$P + Q_o + Q_s = 1,$$

где P – вероятность безотказной работы системы;

Q_o – вероятность системного отказа типа «обрыв»;

Q_s – вероятность системного отказа типа «замыкание».

При выборе наиболее эффективной схемы резервирования системы с тремя состояниями следует учитывать возможные неодинаковые появления разнотипных отказов элементов ($q_o \neq q_s$) и различное влияние разнотипных системных отказов на ущерб от нарушения технологического процесса, в котором участвует рассматриваемая система.

Суммарный ущерб от нарушения технологического процесса складывается из ущерба Y_o от системного отказа типа «обрыв» и ущерба Y_s от системного отказа типа «замыкание»

$$Y = Y_o + Y_s.$$