

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»

$$Y = Y_o + Y_s.$$

Составляющие Y_o и Y_s зависят от ущербов y_o и y_s , вызванных одним произошедшим системным отказом соответствующего типа, и вероятности появления такого отказа

$$Y_o = y_o Q_o;$$

$$Y_s = y_s Q_s.$$

Критерий выбора схемы резервирования имеет вид

$$Y = y_o Q_o + y_s Q_s = \min.$$

Для примера сравним эффективность схем последовательного и параллельного дублирования элементов системы. Расчет вероятностей системных отказов производится по известным формулам:

– для последовательного соединения

$$Q_o = 2q_o - q_o^2;$$

$$Q_s = q_s^2;$$

– для параллельного соединения

$$Q_o = q_o^2;$$

$$Q_s = 2q_s - q_s^2.$$

Построенная по результатам расчетов универсальная номограмма (рисунок 1) позволяет наглядно сопоставить эффективность обоих видов дублирования при $p = 0,8$ и разных сочетаниях значений параметров q_o , q_s , y_o , y_s . Достоинством номограммы является отсутствие необходимости знать абсолютные значения ущербов y_o и y_s , которые на практике трудно объективно определить; достаточно ограничиться их отношением.

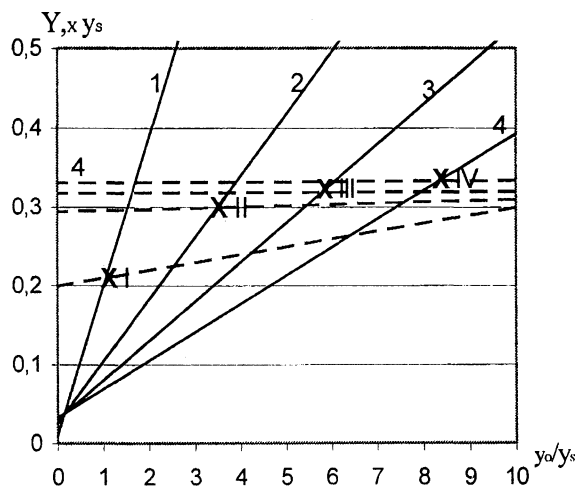


Рисунок 1. Результат расчета эффективности последовательного и параллельного дублирования: ———— схема последовательного дублирования; - - - - - схема параллельного дублирования; 1 — $q_o = q_s$; 2 — $q_o = 0,25 q_s$; 3 — $q_o = 0,15 q_s$; 4 — $q_o = 0,1 q_s$

Анализ номограммы позволяет сделать следующие выводы:

– при одинаковых вероятностях разнотипных отказов ($q_o = q_s$) и обусловленных этими же отказами ущербах ($y_o = y_s$) схемы параллельного и последовательного дублирования равноценны, поскольку приводят к одинаковому суммарному ущербу Y (точка I на рисунок 1);

- при уменьшении отношения вероятностей $\frac{q_o}{q_s}$ возрастает граничное условие выбора схемы резервирования (точки I, II, III и IV);
- если отношение ущербов $\frac{y_o}{y_s}$ меньше граничного условия, наименьший суммарный ущерб Y обеспечивается при последовательном дублировании.

Аналогичным способом можно построить номограммы для оценки эффективности смешанных схем резервирования (последовательно-параллельный, параллельно-последовательный), мажоритарных схем резервирования («два из трех», «три из пяти») и др.

Литература

1. Диллон, Б., Сингх, Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. – М.: Мир, 1984.

УДК 621.316

ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Кирспу А.Ю.

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

В конце 50-х годов проектные институты (в первую очередь «Тяжпромэлектропроект» и «Электропроект») проводили многочисленные обследования графиков нагрузки (в основном металлургических, металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий), на основании которых были получены коэффициенты, характеризующие режимы работы потребителей. Результатом их работы стал выход временных руководящих указаний по определению электрических нагрузок промышленных предприятий [1]. А уже в 1968 году «Тяжпромэлектропроект» выпустил «Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках» [2]. Основным методом расчета электрической нагрузки (РЭН) рекомендовался метод упорядоченных диаграмм (УД), разработанный Г.М. Каяловым. До настоящего времени этот метод не претерпел серьезных изменений [3].

Так как цели и методы РЭН отличаются для разных иерархических уровней систем электроснабжения (СЭС), выделяют шесть уровней СЭС [4]: отдельный электроприемник (ЭП) – 1УР, групповой щиток питания, распределительный пункт до 1 кВ (РП), шинопровод (ШП) – 2УР, распределительное устройство (РУ) низкого напряжения цеховой трансформаторной подстанции – 3УР, РУ высокого напряжения (6–10 кВ) – 4УР, РУ 6–10 кВ ГПП-ПГВ – 5УР, граница раздела с энергосистемой – 6УР.

Рекомендуемый метод УД и альтернативные ему методы предполагают погрешность в определении расчетной нагрузки 10%. Вносимые методом УД погрешности можно разделить на методические и информационные. Методические погрешности объясняются принятыми допущениями, которые сказываются на конечном результате.

Во-первых в методе УД, в качестве расчетной используется среднее значение нагрузки за время $T_{o\text{cp}}$, в то время как для более точного учета влияния нагрузки на нагрев оборудования предпочтительней использовать значение эффективной нагрузки.

Во-вторых, использование 30-минутного интервала осреднения $T_{o\text{cp}} = 3T_o$ (где T_o