

- 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

– постоянная времени нагрева) справедливо для проводов и кабельных линий сечением менее 25 мм^2 , для которых T_0 близко к 10 минутам, что соответствует 1УР. Поэтому при больших сечениях кабелей, других элементов с постоянной нагрева $T_0 > 10$ мин. необходимо применение формулы пересчета [2] или стандартных кривых для определения коэффициента максимума (расчетной нагрузки) $K_{m(p)} = f(K_u, n_{эф})$, где K_u – коэффициент использования; $n_{эф}$ – эффективное число ЭП.

Другими источниками методической погрешности являются: использование завышенного коэффициента загрузки, с учетом которого строятся зависимости $K_{m(p)} = f(K_u, n_{эф})$, предположение о независимости режимов работы разных ЭП, принятие закона распределения электрической нагрузки для всех ЭП соответствующим закону распределения Гаусса.

Информационные погрешности неизбежны при применении метода УД, так как источником информации в нем служит, как правило, значительно устаревшая ретроспективная информация о параметрах режимов работы ЭП различных производств. Кроме того, в условиях отсутствия систематических обследований по уточнению используемых коэффициентов расчета число ЭП с необследованными режимами работы постоянно растет.

Таким образом, гарантированная точность метода УД (10 %) получается при точно известных технологических режимах, известной технологической карте, строго циклическом процессе и т. д., что позволяет, в конечном счете, получить график нагрузки группы ЭП. Однако достижимость таких условий даже с помощью современных средств вычислительной техники не представляется возможной в силу того, что сбор и обработка информации обо всех ЭП, их режимах работы требует значительных затрат и эта информация будет устаревать еще до окончания ее полного получения. Более того, экономическая нестабильность вносит свои коррективы в развитие тех или иных отраслей промышленности, а вместе с ними и предприятий, что также сказывается на изменении нагрузки с течением времени. Таким образом, 10 %-я точность метода УД становится практически недостижимой.

В этих условиях выбор электрооборудования СЭС предлагается производить исходя не из точечной, а интервальной оценки РЭН. Это может быть достигнуто на основе математического аппарата для работы с неопределенностями: методы интервальной математики, теорию нечетких множеств, теорию возможностей и теорию свидетельств Демпстера-Шефера [5].

Такой подход позволяет более обосновано выбрать параметры электрооборудования СЭС с учетом как методической так и информационной погрешностей методов расчета нагрузок. В частности при неизвестных законах и параметрах распределения РЭН.

Литература

1. Временные руководящие указания по определению электрических нагрузок промышленных предприятий. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 27 с.
2. Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках / Инструктивные указания по проектированию электрических установок. – М.: Энергия, 1968. – № 6. – С. 3–17.
3. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92 / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электротехнических промышленных установок. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. – № 7–8.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
5. Shafer, G. A Mathematical Theory of Evidence. – Princeton: Princeton University Press, 1976. – 297 p.