

Переход к рыночной экономике потребовал разработки новых подходов к управлению электрическими нагрузками, в частности, к поиску взаимовыгодных отношений между поставщиком энергии и потребителем. Такие отношения основываются на режимном взаимодействии электроэнергетической системы с потребителями электрической энергии, позволяющем решить комплекс взаимосвязанных задач формирования оптимально выровненного суммарного графика электрических нагрузок энергосистемы на любом временном интервале за счет изменения графиков нагрузок отдельных потребителей, входящих в ее состав.

Дифференцированные по зонам суток тарифы на электроэнергию являются одним из действенных инструментов организации такого режимного взаимодействия между поставщиком электроэнергии и потребителем, в результате чего выигрывают обе стороны: потребитель имеет возможность реорганизовать режим потребления электроэнергии с целью снижения оплаты за электроэнергию и мощность, а энергосистема при выравнивании ее графика электрических нагрузок снижает удельные расходы топлива на покрытие максимальных нагрузок.

Литература

1. Инструкция по применению двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов на активную электрическую мощность и энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы. – 2002.
2. Забелло Е.П. Тарифы и тарифные системы на электрическую энергию как способ косвенного управления электрическими нагрузками // Энергоэффективность. – 2000. – № 9. – С. 14–17.
3. Пекелис Б.В. О необходимости и путях рационального изменения тарифов на электроэнергию // Энергия и Менеджмент. – 2004. – № 2. – С. 7–9.

УДК 620.004.5

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМ

Машко А.В.

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

Особенность надежности релейно-контактных схем обусловлена тем, что контактные элементы находятся в одном из 3-х состояний: работоспособном с вероятностью p_i , иметь отказ типа «обрыв» (контакт не замыкает цепь) с вероятностью q_{i0} , отказ типа «замыкание» (контакт замыкает цепь) с вероятностью q_{i3} . Для каждого i -го контакта выполняется условие:

$$p_i + q_{i0} + q_{i3} = 1.$$

Расчет показателей надежности для резервированных релейно-контактных схем, состоящих из n элементов, производится по выражениям, основанным на биномиальном разложении Ньютона

$$\prod_{i=1}^n (p_i + q_{i0} + q_{i3}) = 1.$$

На основе полученных из этого разложения формул были проведены расчеты показателей надежности для случая статистических независимых отказов элементов и сравнительный анализ схем резервирования с последовательным, параллельным и смешанным (последовательно-параллельным) соединением элементов с максимальным

числом последних $n = 5$ и соответствующих ему числом возможных комбинаций состояния схемы $c = 3^5 = 243$.

Вероятности отказов типа «обрыв» Q_0 и «замыкание» Q_3 схемы последовательного резервирования (рис. 1) с равнонадежными элементами ($q_0 = q_{i0}$, $q_3 = q_{i3}$) определяется выражениями

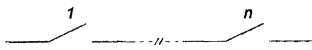


Рис. 1

$$Q_0 = 1 - (1 - q_0)^n;$$

$$Q_3 = q_3^n.$$

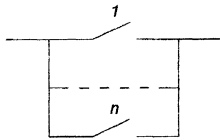


Рис. 2

В соответствии с принципом двойственности вероятности отказов схемы параллельного резервирования (рис. 2) определяются следующим образом.

$$Q_0 = q_0^n;$$

$$Q_3 = 1 - (1 - q_3)^n.$$

Вероятности безотказной работы любой резервированной схемы

$$P = 1 - Q_0 - Q_3.$$

Результаты расчетов при $p_i = 0,8$, $q_{i0} = 0,1$ и $q_{i3} = 0,1$ представлены в таблице 1.

Таблица 1

n	Последовательное резервирование				Параллельное резервирование			
	2	3	4	5	2	3	4	5
P	0,8	0,728	0,653	0,59	0,8	0,728	0,653	0,59
Q ₀	0,19	0,271	0,347	0,410	0,01	0,001	0,0001	0,00001
Q ₃	0,01	0,001	0,0001	0,00001	0,19	0,271	0,347	0,410

Анализ показывает, что надежность последовательных и параллельных схем одинакова (при одном и том же числе элементов) и происходит перераспределение вероятностей отказов при переходе от одной схемы к другой.

В таблице 2 приведены результаты расчетов надежности для смешанных схем резервирования.

Таблица 2

Тип схемы	2 из 3	2 из 4	3 из 4	2 из 5	3 из 5	4 из 5
P	0,944	0,944	0,944	0,91808	0,98288	0,91808
Q ₀	0,028	0,0037	0,0523	0,00046	0,00856	0,08146
Q ₃	0,028	0,0523	0,0037	0,08146	0,00856	0,00046

Мажоритарные смешанные схемы «3 из 5» и «2 из 3» (рис. 3) обеспечивают максимальную вероятность безотказной работы и, в отличие от последовательной и параллельной схем, равнонадежны в отношении как обрыва, так и замыкания цепи. Работоспособность схемы «3 из 5» обеспечивается при 3-х, а схемы «2 из 3» – при 2-х исправных элементах.

Выражения для вероятностей отказов в схеме «3 из 5» имеют вид

$$Q_0 = 6q_0^5 - 15q_0^4 + 10q_0^3;$$

$$Q_3 = 6q_3^5 - 15q_3^4 + 10q_3^3,$$

а в схеме «2 из 3»

$$Q_0 = 3q_0^2 - 2q_0^3;$$

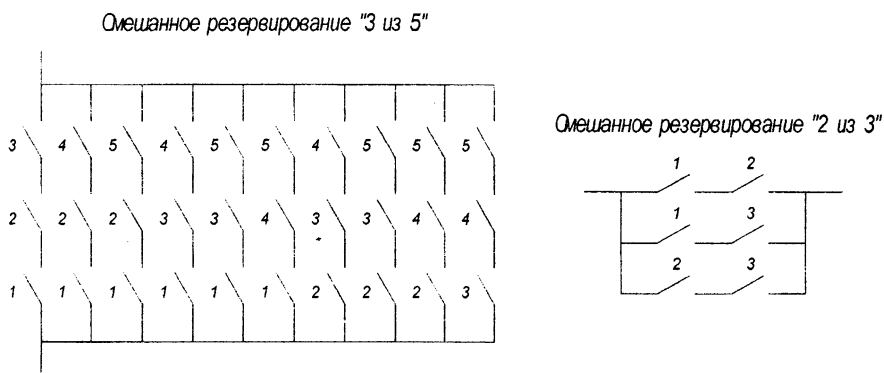


Рис. 3

$$Q_3 = 3q_3^2 - 2q_3^3.$$

Резервирование релейно-контактных схем позволяет существенно повысить надежность работы устройств релейной защиты и автоматики. Нуждается в дополнительном исследовании эффективность резервирования при резко отличающихся вероятностях отказов различных типов и влияние на надежность резервированных схем множественных отказов, вызываемых общей причиной.

Литература

1. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. – М.: Мир, 1984.

УДК 621.311.1

УЧЕТ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Романов Р.В.

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

В системах электроснабжения напряжением 6–10 кВ крупных городов и промышленных объектов разных стран широкое распространение получили кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) [1, 2]. По сравнению с кабелями с бумажной изоляцией указанные кабели имеют более высокую пропускную способность, что в первую очередь обусловлено большей длительно допустимой температурой нагрева жил (+90°C) и меньшим тепловым сопротивлением изоляции и оболочки. В Республике Беларусь в трехфазных сетях напряжением 6–10 кВ применяются одножильные кабели с изоляцией из СПЭ, которые при прокладке располагаются треугольником вплотную.

Расчет потерь мощности, электроэнергии и напряжения в линиях электропередачи, как правило, производится при постоянных значениях активных сопротивлений, определяемых по справочным данным при некоторой температуре жил (обычно при +20°C). Для кабелей с изоляцией из СПЭ погрешность расчета потерь, обусловленная представлением сопротивления в виде постоянной величины, не зависящей от тока нагрузки и температуры окружающей среды, может быть значительной. Активное сопротивление жил кабелей при температуре +90°C примерно на 28 % больше по сравнению с сопротивлением при температуре +20°C. Отметим, что для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией погрешность от неучета зависимости сопротивления от температуры жилы не превышает 18 %. В связи с этим расчет потерь мощности, электроэнер-