

$$U_i = a_i(t - t_0) + b_i \quad (i=1,2,\dots,6); \quad (3)$$

$$W = a_7(t - t_0) + b_7. \quad (4)$$

Подставив (3,4) в (2), получаем

$$\frac{d_s}{dt} = \sum_{i=1}^6 \frac{a_i}{\bar{W}} - \frac{a_7}{\bar{W}^2} \sum_{i=1}^6 \bar{U}_i, \quad (5)$$

где a_i – коэффициенты уравнения линейной регрессии; \bar{U}_i – средние значения годовых издержек за рассматриваемый период; \bar{W} – среднее значение полезного отпуска энергии.

Структура выражения (5) такова, что ее первые 6 компонент зависят от приростов соответствующих составляющих издержек, а седьмая – от прироста полезного отпуска энергии.

Как видно из табл. 2, наибольшее снижение удельных затрат за рассматриваемый период имело место для РЭУ-1. Это объясняется наибольшим приростом полезного отпуска (на 30%) при относительно небольшом приросте стоимости основных фондов и соответственно амортизационных отчислений. Напротив, в РЭУ-1У удельные затраты не только не снизились, а даже имели тенденцию к увеличению. Это объясняется малым приростом W и большим приростом фонда заработной платы. В РЭУ-У при существенном приросте W удельные затраты практически не менялись, что объясняется в первую очередь относительно большим приростом амортизационных отчислений.

УДК 658.26:621.311]:65.011.56

А.Г.Ус, Л.В.Ничипорович

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АСУЭ

Надежность питания потребителя, подключенного к сети промпредприятия, определяется:

- а) надежностью элементов системы электроснабжения;
- б) схемой этой системы с учетом оснащения ее релейной защитой и автоматикой;
- в) организацией оперативного и ремонтного обслуживания.

Учет этих факторов требует довольно сложных расчетных методов и обычно недостаточно обеспечен исходной информацией (повреждаемость конкретных элементов, длительность их отключения и т.п.). В значительной степени решение этой зада-

чи облегчает разработка автоматизированного учета, контроля и управления надежностью. На первом этапе внедрения такой подсистемы предусматривается сбор необходимой исходной информации с заводской документации (журналы оперативных переключений, акты регистрации аварий, письменные распоряжения на ремонт оборудования и т.п.), подготовку ее и обработку на ЭВМ по специальным программам.

Таким образом, часть исходной информации может быть получена и ценность ее заключается в том, что собирается она по конкретным элементам данной системы в конкретных условиях работы, учитывает схему и организацию обслуживания.

Рассмотрим предлагаемый метод расчета надежности. Он предназначен для расчета надежности всей системы электроснабжения. Основным критерием ненадежности является суммарный недостаток электроэнергии. В принципе можно учесть и ущерб от недоотпуска.

Метод основывается на представлении времени "жизни" ($T = 8760$ ч) каждого канала сети электроснабжения в виде состояний нормальной работы (T), холодного резерва (T_0), планово-профилактического обслуживания (T_1) и аварийного ремонта (T_2). Под каналом сети следует понимать один или несколько последовательно соединенных элементов системы электроснабжения (трансформатор, токопровод, кабельная или воздушная линия, коммутационный аппарат и т.п.), связывающих два ближайших узла сети. Канал, по отношению к которому рассчитываются все возможные вероятности перерыва электроснабжения в имеющих место различных режимах резервируемых систем, условно определен основным. При расчетах каждый из резервируемых каналов сети поочередно принимается основным.

При двух взаиморезервируемых каналах возможны следующие режимы, вызывающие перерыв электроснабжения основным каналом.

1. Резерв готов принять нагрузку нормально работающего основного канала в момент выхода его из строя (параллельная работа каналов) или после соответствующих коммутационных операций, выполняемых вручную или автоматикой. В этом случае время восстановления электроснабжения (t_1) равно нулю, при параллельной работе нескольким секундам при АВР и от нескольких минут до десятков минут при ручных переключениях.

2. Один канал находится в планово-профилактическом ремонте (ППР). При отказе другого канала ППР первого прерывается, либо завершается и канал вводится в работу. В этом слу-

чае времена восстановления электроснабжения (t_2, t_2') обычно колеблются от десятков минут до нескольких часов.

3. В момент выхода одного канала из строя другой находится в аварийном ремонте. При этом длительный перерыв электроснабжения неизбежен. Времена восстановления питания (t_3, t_3') могут быть от нескольких часов до нескольких суток.

4. Один из каналов отключен (холодный резерв). В этом случае времена восстановления (t_4, t_4') чаще всего близки по величине к времени t_1 .

Обозначения t_1, t_2, t_3, t_4 относятся к временам восстановления электроснабжения при отказе основного канала; t_2', t_3', t_4' - при отказе резервного канала.

Вероятная длительность перерыва электроснабжения в течение времени T для режимов (1-4) определится по формулам:

режим 1

$$\tau_1 = \omega \frac{T - T_1' - T_2' - T_0' - T_1 - T_2 - T_0}{T} t_1; \quad (1)$$

режим 2

$$\tau_2 = \omega \frac{T_1'}{T} t_2 + \omega' \frac{T_1}{T} t_2'; \quad (2)$$

режим 3

$$\tau_3 = \omega \frac{T_2'}{T} t_3 + \omega' \frac{T_2}{T} t_3'; \quad (3)$$

режим 4

$$\tau_4 = \omega \frac{T_0}{T} t_4 + \omega' \frac{T_0'}{T} t_4'; \quad (4)$$

где ω, ω' - параметры потока отказов за время T соответственно основного и резервного каналов; T_1', T_2', T_0' - те же времена, что и T_1, T_2, T_0 , но относящиеся к резервному каналу.

Суммарная длительность перерыва электроснабжения с учетом всех рассмотренных режимов составит

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4.$$

При расчетах режим 3 можно не учитывать, так как одновременный отказ основного и резервного каналов - событие крайне редкое.

Тогда

$$\tau = \omega \left(\frac{T - T_1' - T_0' - T_1 - T_0}{T} t_1 + \frac{T_1'}{T} t_2 + \frac{T_0'}{T} t_4 \right) +$$

$$+ \omega' \left(\frac{T_1}{T} t_2' + \frac{T_0}{T} t_4' \right). \quad (5)$$

На практике встречается различное множество сочетаний времен восстановления электроснабжения и составляющих времени "жизни" основного и резервного каналов. Так, например, при $T_0' = T_0 = 0$ или $t_4 = t_4' = t_1$ на учете наложения во времени двух отказов можно использовать следующее выражение:

$$\tau = \omega \left(\frac{T - T_1' - T_1}{T} t_1 + \frac{T_1'}{T} t_2 \right) + \omega' \frac{T_1}{T} t_2'. \quad (6)$$

Если $T_1' + T_1 \ll T$ и $t_2 \approx t_2' \approx t_1$, или когда имеется два и более резервных канала, каждый из которых в состоянии принять на себя нагрузку при отказе основного канала, то

$$\tau = \omega t_1. \quad (7)$$

Длительность погашения электроснабжения нерезервируемого канала при условии, что ППР его осуществляется при отключенном по технологическому условию приемнике, определяется как

$$\tau = T_1. \quad (8)$$

Суммарная же в течение года продолжительность перерывов питания нагрузки, питающейся по цепи из K каналов составит

$$\tau_n = \sum_{i=1}^K \tau_i. \quad (9)$$

Расчет математического ожидания недоотпуска электроэнергии по отдельным узлам нагрузки в зависимости от имеющейся исходной информации можно вести по следующим формулам:

$$\Delta W_N = \frac{W_N}{T_n} \tau_n; \quad (10)$$

$$\Delta W_N = P_{n \text{ и}} K \tau_n = P_{c, \Gamma} \tau_n = P_{c, M} \alpha \tau_n, \quad (11)$$

где W_N - годовое потребление электроэнергии нагрузкой узла; T_n - суммарное время работы нагрузки в течение года; $P_{n \text{ и}}$ - номинальная мощность потребителя (нагрузки); K - коэффициент использования активной мощности; $P_{c, \Gamma}$ - средняя годовая нагрузка; $P_{c, M}$ - средняя мощность за наиболее загруженную смену; α - годовой коэффициент сменности.

Таблица 1. Контроль надежности системы электроснабжения

№ питающей цепи	Узел на-гру-зки	Пара-метр потока отказов цепи, по которой питает-ся на-рузка	Матема-тическое ожидание времени переры-ва пита-ния ζ	Норми-руемое годовое время пере-рыва питания ζ^*	$\frac{\zeta}{\zeta^*} \times 100\%$	Плани-руемое годовое потреб-ление элект-роэнер-гии N	Мате-матиче-ское ожида-ние недо-отпус-ка элект-роэнер-гии ΔN	$\frac{\Delta N}{N} \times 100\%$
x	x	x	x	x	x	x	x	x
x	x	x	x	x	x	x	x	x
Итого по всей системе электроснабжения						x	x	x

Таблица 2. Анализ надежности системы электроснабжения

Основной канал		Признак резерва	Параметр потока отказов		Время перерыва	
начало	конец		основной ω	резерв-ный	суммар-ное	1 режим
x	x	P	x	x	x	x
x	x	P2	x	-	x	-
x	x	HP	x	-	x	-

Примечание. P – резервируемый канал; P2 – канал, имеющий два и более резерва; HP – нерезервируемый канал.

Окончание табл. 2.

Время перерыва			Время включения резерва			
2 режим	3 режим	4 режим	t_1	t_2	t_3	t_4
x	x	x	x	x x	x x	x x
-	-	-	x	- -	- -	- -
-	-	-	-	- -	- -	- -

Тогда суммарный недоотпуск по всей схеме составит

$$\Delta N = \sum_{N=1}^m \Delta N_N. \quad (12)$$

По рассмотренной методике разработаны алгоритм и программа расчета на ЕС ЭВМ. Для удобства использования результатов расчета они выдаются ЭВМ в виде табл. 1 и 2.

УДК 621.311.658.3.017

Т.П.Лебедев, Ю.И.Сильченко

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА НОРМАТИВНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Одной из важных задач комплекса технико-экономического планирования в энергосистеме является задача расчета нормативной численности персонала энергосистемы, по результатам решения которой определяется плановая численность персонала и плановый фонд заработной платы.

До настоящего времени расчет нормативной численности персонала энергосистемы производился вручную. Такой способ решения данной задачи имеет следующие недостатки:

- трудоемкость расчетов (по отдельным энергопредприятиям при определении численности необходимо учитывать до 100 нормативов);
- неизбежные ошибки в процессе счета;
- дублирование расчетов по подчиненным энергообъектам в вышестоящих организациях;
- недостаточное наглядное представление результатов расчета, сопоставление нормативной и фактической численности персонала для отдельных функциональных подразделений и служб энергопредприятий.

Например, в Белглавэнерго для отдельного энергопредприятия сопоставляются лишь суммарные значения нормативной и фактической численности персонала по всему предприятию. Тем самым трудно выявить резервы для возможного сокращения численности персонала.

При машинном способе расчета представляется возможным устранить вышеперечисленные недостатки. Кроме того, он дает высвобождение численности расчетных работников.