

## АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Разработаны алгоритм и программы определения показателей надежности электроснабжения потребителей с использованием реальных статистических данных об авариях и отказах в электрических сетях и с учетом преднамеренных отключений, связанных с проведением ремонтно-профилактических мероприятий.

Показатели надежности объектов электрической сети. Рассматривается радиальная схема, включающая следующие объекты: воздушные и кабельные линии электропередачи напряжением 6—10 кВ, 35 кВ, 110 кВ, тупиковые и ответвительные трансформаторные подстанции. Потребитель — трансформаторная подстанция 6—10/0,4 кВ. Схема замещения воздушной и кабельной линии электропередачи представляется в виде цепочки последовательно соединенных в смысле надежности блоков, каждый из которых отражает надежность совокупности одноименных элементов. Последовательное соединение элементов объясняется тем, что отказ в работе любого из них приводит к отказу всего объекта. Показатели надежности отдельных объектов электроэнергетической системы определяются исходя из структуры схемы замещения и с учетом условия невозможности одновременного отказа двух и более элементов одного объекта.

Для аварийных отключений  $\lambda_0$  — частота отказов, 1/год;  $T_{во}$  — средняя длительность вынужденных отключений, ч;  $K_{во}$  — коэффициент аварийных отключений:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^K \lambda_i; \quad (1)$$

$$T_{во} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=1}^K T_{vi} \lambda_i; \quad (2)$$

$$K_{во} = \frac{\lambda_0 T_{во}}{8760}, \quad (3)$$

где  $i$  — индекс блока в схеме замещения объекта.

Для плановых отключений  $\mu_0$  — частота преднамеренных отключений, 1/год;  $T_{по}$  — средняя длительность плановых отключений, ч;  $K_{по}$  — коэффициент плановых отключений;

$$\mu_0 = \begin{cases} \max(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_j) & \text{при максимальном совмещении ремонтов;} \\ \sum_{j=1}^m \mu_j & \text{без совмещения ремонтов;} \end{cases} \quad (4)$$

$$T_{п0} = \begin{cases} \max(T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пj}) & \text{при максимальном совме-} \\ & \text{щении ремонтов;} \\ \frac{1}{\mu} \sum_{j=1}^m T_{пj} \mu_j & \text{без совмещения ремонтов;} \end{cases} \quad (5)$$

$$K_{п0} = \frac{\mu_0 T_{п0}}{8760},$$

где  $\mu_j$ ,  $T_{пj}$  — частота (1/год) и средняя длительность (ч) плановых отключений объекта для проведения  $j$ -го вида ремонтных работ.

**Показатели надежности электроснабжения.** Анализ радиальной расчетной схемы электроснабжения позволяет выделить в ней фрагменты, имеющие схемы замещения трех видов. Блок-схема замещения расчетной схемы состоит из последовательно соединенных блоков, каждый соответствует определенному фрагменту, который в дальнейшем будет называться уровнем системы электроснабжения.

Уровень, содержащий нерезервируемую линию электропередачи, представляется схемой замещения первого типа и изображается единственным блоком, который отражает аварийные ситуации и преднамеренные отключения, связанные с проведениями ремонтов на ЛЭП. Показатели надежности уровня первого типа определяются с использованием выражений (1) — (6).

Уровень системы электроснабжения, включающий две одноцепные воздушные ЛЭП или две кабельные линии, проходящие по раздельным трассам, изображается двумя параллельными блоками в расчетной схеме, каждый из которых отражает события, происходящие на отдельной линии электропередачи.

Частота вынужденных перерывов электроснабжения и их средняя продолжительность для рассматриваемого варианта определяются из выражений, где индекс указывает на порядковый номер объекта в схеме замещения:

$$\lambda = \lambda_{01} / (K_{в2} + K_{п2}) + \lambda_{02} (K_{в1} + K_{п1});$$

$$T_{в} = \frac{1}{\lambda} [ T_{вв} (\lambda_{01} K_{в2} + \lambda_{02} K_{в1}) + (T_{в1,п2} \lambda_{01} K_{п2} + T_{в2,п1} \lambda_{02} K_{п1}) ],$$

где  $T_{вв}$  — средняя длительность одновременного вынужденного простоя двух объектов с учетом наложения отказа одного на плановый ремонт другого, определяется по [1] в зависимости от соотношения  $T_{во}$  и  $T_{по}$ .

Уровень системы электроснабжения, включающий воздушную ЛЭП на двухцепных опорах или одноцепные воздушные или кабельные линии, проходящие по одной трассе, изображается на расчетной схеме замещения тремя блоками. Два блока, соединенные параллельно, каждый из которых отражает события, происходящие на отдельной линии электропередачи, расположены последователь-

но с третьим блоком, отражающим одновременные отказы обоих объектов.

Показатели надежности определяются как

$$\lambda = 2\lambda_0 K_{п0} (1-K) + K\lambda_0; T_v = \frac{1}{\lambda} [2\lambda_0 K_{п0} T_{в,п} (1-K) + K\lambda_0 T_{в0}],$$

где  $K = \lambda_2 / \lambda_0$  — коэффициент, определяющий долю отказов с частотой  $\lambda_2$ , приводящих к одновременному простоя обеих цепей двухцепной ВЛ.

Следует отметить, что для объектов распределительных сетей 10 кВ показатели надежности, рассчитываемые по (1) — (3), являются средними по энергорайону. В условиях реализации программы комплексной автоматизации и телемеханизации распределительных сетей отдельные объекты в разной степени оснащены устройствами автоматического секционирования, АПВ, АВР и др. При определении средней длительности аварийного отключения объекта это учитывается поправочным коэффициентом  $K_H$ , который для каждого конкретного участка рассматриваемой сети в зависимости от уровня обслуживания и степени автоматизации принимает следующие значения: при  $T_{вн} \geq 6$  ч  $K_H = 1,2$ ; при  $6$  ч  $> T_{вн} \geq 2$  ч  $K_H = 1,0$ ; при  $T_{вн} < 2$  ч  $K_H = 0,8$ . С целью учета влияния надежности трансформаторных подстанций в расчетной схеме каждая подстанция представляется отдельным уровнем, характеризующимся показателями: частотой и средней длительностью погашения потребителей, рассчитанными логико-аналитическим методом с учетом ремонтных режимов [ 2 ]:

**Программное обеспечение.** Программы, реализующие задачу, составлены на языке ПЛ/1, ФОРТРАН, АССЕМБЛЕР с использованием дисковой операционной системы ДОС/ЕС. В состав комплекса технических средств входят: ЭВМ серии ЕС, устройства ввода и вывода информации с ПЛ, ПК, накопители на МД и МЛ, АЦПУ, пультовая пишущая машина. Программный комплекс состоит из нескольких программ. Каждая программа реализует некоторый самостоятельный этап алгоритма решения задачи, заканчивающийся либо получением массива данных на одном из внешних носителей ЭВМ, либо печатью результатов в виде табуляграммы.

Программа ввода исходных данных [ 3 ] осуществляет ввод с ПЛ закодированной части карт отказа КОЭ-76 (78, 79), выявление логических и случайных ошибок в информации на ПЛ, запись, накопление и корректировку данных в информационных архивах на МД и МЛ. Макеты карт отказа, содержащие ошибки, перфорируются на ПЛ для оперативной передачи их в соответствующие энергопредприятия с целью корректировки.

Информация архива карт отказа обрабатывается по мере поступления запросов. Показатели надежности объектов электрических сетей рассчитываются дифференцированно: по классу напряжения для кабельных линий электропередачи, а также по числу цепей, материалу опор, типу провода и изоляторов для воздушных

линий. Результатом работы программы становится сводная таблица показателей надежности воздушных и кабельных линий электропередачи, которая является рабочим документом при формировании карты исходных данных.

Карта исходных данных состоит из двух частей: расчетной схемы электроснабжения и таблицы показателей надежности. Расчетная схема представляет собой такое универсальное изображение схемы электроснабжения, в котором путем исключения лишних элементов можно добиться построения реального пути питания потребителя электроэнергией.

Вторая часть карты исходных данных — таблица показателей надежности, в которой каждому уровню расчетной схемы электроснабжения соответствует группа показателей надежности. Для заполнения таблицы карты используются рабочие таблицы показателей надежности ЛЭП и подстанций. В таблице заполняются только те строки, которые соответствуют существующим уровням в реальной схеме. В конце таблицы записывается значение поправочного коэффициента  $K_n$ .

Для проведения расчетов по оценке надежности электроснабжения в соответствии с заданной схемой числовые данные из таблицы карты переносятся на перфокарты и вводятся в ЭВМ.

Программа производит расчет показателей надежности отдельных уровней и всей схемы электроснабжения с выдачей на печать соответствующих табуляграмм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Розанов М.И. Надежность электроэнергетических систем. — М.: Энергия, 1974. — 176 с.
2. Гук Ю.Б., Лосев Э.А., Мясников А.В. Оценка надежности электроустановок. — М.: Энергия, 1974. — 200 с.
3. Севрюк Э.Б., Шатковский В.И. Вопросы повышения достоверности и полноты информации о надежности энергообъектов в энергосистемах. — В кн.: Совершенствование хозяйственного механизма в энергосистеме. Гродно: Гродн. гос. ун-т, 1980, с. 44—47.

УДК 621.181.7:662.946.004.69

Г.Ю.ВАРАНКИН, Л.В.ГАЧКОВА,  
Е.Н.ТОЛЧИНСКИЙ, канд.техн.наук (БелЭНИИ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ АЭРОДИНАМИКИ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ КОТЛА БКЗ-75-39Ф ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ВИХРЕВЫХ ГОРЕЛОК

Ухудшение качества твердого топлива, поступающего в последние годы на тепловые электрические станции, по сравнению с качеством топлива, заложенного в проектах этих ТЭС, вызывает серьезные осложнения в работе топливосжигающих установок. Среди