

# ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СХЕМЫ ПИТАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ДЕРЕВА ОТКАЗОВ

Матеевко Ю.П., к.т.н., доц., Чупринюк Е.Ю., магистрант  
НТУУ «КПИ», кафедра электрических станций

**Вступление.** От построения схем питания собственных нужд ТЭС зависит устойчивость технологического режима выработки электроэнергии, расход электроэнергии на собственных нужд. Поэтому очень важно иметь возможность проводить количественный анализ надежности этих схем.

**Цель работы.** Разработка математической модели оценки надежности схем питания собственных нужд электростанции при помощи метода дерева отказов.

**Материалы и результаты исследований.** Говоря о надежности объектов такого класса, как схемы электроснабжения СН ТЭС, обычно имеют ввиду уверенность в том, что при некоторых определенных условиях объект выполнит заданные функции с известной вероятностью. Если эта вероятность равна нулю или единице, то мера надежности является логической, если эта вероятность находится в интервале  $(0,1)$ , то мера надежности будет вероятностной. Если вместо вероятности невыполнения функции использовать частоту этого события, то мера надежности является частотной.

Логическая мера надежности записывается в виде функции алгебры логики, чаще всего как условие отказа  $\bar{Y}$  (функция отказа - ФО) с помощью знаков конъюнкции (логического умножения -  $\wedge$ ) и дизъюнкции (логического сложения  $\vee$ ) и символов, обозначающих события или состояния. В отношении схем электроснабжения СН ТЭС отказами являются погашения одного или нескольких узлов питания (секции шин, сборок или щитов). Чтобы получить выражения ФО для событий погашения узлов, необходимо построить дерево отказов, которое графически отображает логическую связь элементарных событий и состояний с конечным событием через промежуточные события с помощью операторов логического сложения ИЛИ и умножения И. Дерево отказов строится, начиная с конечного события – погашения определенного узла или сочетания узлов, словесная формулировка которого помещается вверху листа и обводится двойной рамкой. Затем в зависимости от длительности рассматриваемого погашения формулируются и перечисляются элементарные события, которые приводят к этому погашению.

Кодировка элементов системы электроснабжения СН и оценки частот отказов  $\lambda(y)$  и средних длительностей восстановления обычно приводятся в таблице. В ней даются оценки условных вероятностей отказа срабатывания для элементов системы электроснабжения  $Q(X_{O.B})$ . Сложные события или состояния, представляющие собой конъюнкцию или дизъюнкцию элементарных событий, обозначаются цифровым кодом, и этот код заключается в треугольник, если это сложное событие вводится в другое дерево или ветвь. Если сложное событие не анализируется в данной задаче по причине малости его вероятности или

отсутствия необходимой информации, то его код помещается в ромб. Процесс построения дерева отказов идет сверху вниз от конечного события через промежуточные к элементарным событиям и состояниям, до тех пор, пока на всех уровнях дерева не останутся одни элементарные события и сложные события, дерево для которых построено при рассмотрении надежности узлов более высокого уровня, или события, код которых обведен ромбом.

В результате ФО  $\bar{Y}(u)$  будет представлена логической суммой (дизъюнкцией) конъюнкцией первого порядка (элементарных событий и конъюнкции первого порядка (элементарных событий и конъюнкции второго порядка – произведениями двух событий, произведений событий и состояний):

$$\bar{Y}(u) = \bigcup_i y_i \bigcup_k U(y_k \wedge x_{o.c.}) \bigcup_{ij} U(y_i \wedge \tilde{y}_j) \bigcup_{ij} U(y_j \wedge \tilde{y}_i)$$

Переходя от логических функций для сложных событий погашения узлов к выражениям для расчета показателей надежности, необходимо лишь заменить знаки логического умножения на знаки ( $\sqcap$ ), знаки логического сложения на знаки ( $+$ ), а символы событий  $y$  заменить частотами  $\lambda(y)$ , символы событий ( $x_{o.c.}$ ) – условными вероятностями  $Q(x_{o.c.})$ , символы состояний – вероятностями  $q(\tilde{y})$ . При этом вероятности  $q(\tilde{y}) = \lambda(y)\tau(\tilde{y})$ ;  $Q(x_{o.c.}) = 1/N_p$  где  $N_p$  – наработка на отказ, выраженная средним числом срабатываний до отказа. Выражения для оценки частот погашений имеют вид:

$$\Lambda(u) = \sum_i \lambda(y_i) + \sum_k \lambda(y_k)Q(x_{o.c.k}) + \sum_{i,j} \lambda(y_i)q(\tilde{y}_j) + \sum_{j,i} \lambda(y_j)q(\tilde{y}_i)$$

Выражения для оценки вероятности (относительной длительности) состояний погашений имеют вид:

$$q(u) = \sum_i \lambda(y_i)\tau(\tilde{y}_i) + \sum_k \lambda(y_k)Q(x_{o.c.k})\tau(x_{o.c.k}) + \sum_{i,j} \lambda(y_i)q(\tilde{y}_j)\tau(y_i \tilde{y}_j) + \sum_{j,i} \lambda(y_j)q(\tilde{y}_i)\tau(y_j \tilde{y}_i),$$

где  $x_{o.c.k}$  – среднее время восстановления при отказе в отключении повреждения на присоединении;  $\tau(y_i \tilde{y}_j)$   $\tau(y_j \tilde{y}_i)$  – среднее время восстановления при наложении повреждения элементов одной цепи питания на аварийной простой другой цепи. Исходными данными для расчетов  $\Lambda(u)$  и  $q(u)$  являются оценки средних значений  $\lambda(y)$   $\tau(y)$ . Среднеквадратичные погрешности этих оценок позволяют получить пессимистические исходные данные при суммировании средних погрешностей из средних. Вычисление погрешностей результатов, основываются на уравнениях теории точности для дисперсии суммы, произведения и логарифма случайных величин:

$$\sigma^2(A \pm B) = \sigma^2(A) + \sigma^2(B);$$

$$[\sigma^2(AB)] / (A^2 B^2) = \sigma^2(A) / A^2 + \sigma^2(B) / B^2;$$

$$[\sigma^2(A/B)] / (A^2 / B^2) = \sigma^2(A) / A^2 + \sigma^2(B) / B^2;$$

$$\sigma^2(\ln A) = \sigma^2(A) / A^2$$

Численные значения результатов с оценкой их среднеквадратической погрешности представляются в форме:

$$\Lambda(u) \pm \sigma_{\Lambda(u)} \pm \sigma_{q(u)},$$

где значения среднеквадратической погрешности округляются до одной значащей цифры, а среднее значение показателей – до разряда, соответствующего разряду погрешности.

**Вывод.** Надежность систем электроснабжения СН является предметом особой заботы как проектировщиков, так и эксплуатационного персонала ТЭС, поэтому основные положения логико-вероятностного расчета с помощью дерева отказов в соединении с методами топологического анализа схем электрических соединений могут быть использованы для получения качественной оценки надежности систем электроснабжения собственных нужд станции. Эта оценка может быть использована для выбора оптимального варианта схемы питания еще на стадии проектирования или внедрения мер для повышения надежности ТЭС рабочим персоналом уже на стадии эксплуатации электростанции.

#### Перечень ссылок

1. Ю.Б. Гук, В.М. Кобжув, А.К. Черновец. Устройство, проектирование и эксплуатация схем электроснабжения собственных нужд АЭС. М: Энергоатомиздат, 1991.
2. Э.М. Аббасова, Ю.М. Голоднов, В.А. Зильберман, А.Г. Мурзаков; Под ред. Ю.М. Голоднова. Собственные нужды тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1991.

## ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

**Матєєнко Ю.П., к.т.н., доцент, Годун Д.О., магістрант**  
*НТУУ «КПІ», кафедра електричних станцій*

**Вступ.** Питання енергетичної безпеки гостро постає перед нашою державою. Один із шляхів до підвищення енергетичної безпеки є встановлення нових станцій, які використовують альтернативні джерела енергії.

Оцінка надійності вітроенергетичних установок (ВЕУ) необхідна для більш точного визначення вироблення електроенергії на вітроелектростанціях (ВЕС). Досвід експлуатації, показує, що ВЕУ виробляє менше розрахункової кількості електроенергії по причини відмови її основних вузлів. Відмова вузлів вітроустановки, як правило, відбувається під час її експлуатації. Для визначення збитку від ненадійності обладнання необхідно знати статистичні дані по відмовах і часу відновлення елементів і власне самої ВЕУ

**Мета роботи.** Навести найбільш доцільні підходи по дослідженню надійності ВЕС шляхом аналізу надійності схеми електричних з'єднань та енергообладнання. Також розглянути основні проблеми підключення вітроелектростанції до мережі та вплив на якість електропостачання споживачів.