

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 12.09.2023 16:45:25

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению контрольной работы

по дисциплине «Надежность электроэнергетических систем»

для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Передача и распределение электрической энергии в системах электроснабжения

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

В методических указаниях приведены общие требования и даны рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

Методические указания предназначены для студентов по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника всех форм обучения.

Составители: канд. физ.-мат. наук Ростова А.Т.

Рецензент: док. тех. наук, профессор Ковалев В.Д.

Оглавление

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Порядок решения.....	6
Примеры нахождения показателей надёжности	7
Список литературы	16

Индивидуальное задание

В задании используются следующие показатели надёжности системы электроснабжения конкретного потребителя:

T - среднее время безотказной работы;

$T_{в}$ - среднее время восстановления работоспособного состояния; μ_i - интенсивность восстановления элементов;

q_i - вероятность отказов элементов.

Рассчитать в общем виде логико-вероятностным методом показатели надёжности T и $T_{в}$ системы электроснабжения конкретного потребителя в схемах электроснабжения, приведенных на рис.1 и рис.2. Номер потребителя (В0, В1, ...В9) выбирается по последней цифре шифра. Причем студенты у которых получается четная сумма двух последних цифр шифра выбирают номер потребителя по рис.1, а те у которых она нечетная - по рис.2. Показатели надёжности элементов системы электроснабжения (q_i и μ_i) заданы.

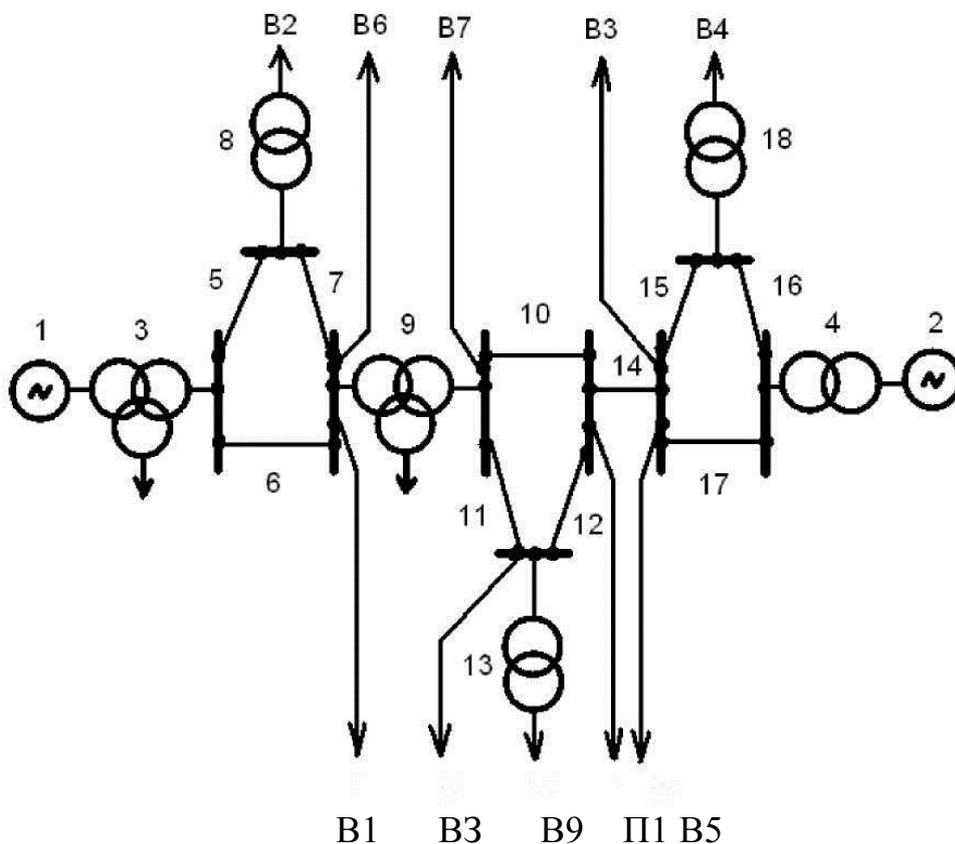


Рис. 1. Схема системы электроснабжения потребителей по вариантам

Порядок решения задания

1. Определить условия работоспособности (F) конкретного потребителя.
2. Определить условия неработоспособности (F) конкретного потребителя.
3. Найти приближенное значение функции неработоспособности $[F]$ конкретного потребителя.
4. Найти приближенный вероятностный полином (g) для системы электроснабжения конкретного потребителя.
5. Определить частные производные приближенного полинома

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial q_i} q_i \mu_i$$

6. Определить среднее время восстановления электроснабжения конкретного потребителя

$$\tilde{T}_v = \frac{\tilde{Q}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i}$$

7. Определить среднее время безотказной работы системы конкретного потребителя

$$\tilde{T} = \frac{1 - \tilde{Q}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} .$$

Примеры нахождения показателей надёжности

Получить по схеме рис.3, (рис.4) условия безотказной работы и условия отказа конкретного потребителя Ш (П2) . Определить среднее время восстановления электроснабжения потребителя (Т_в). Определить среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя (Т).

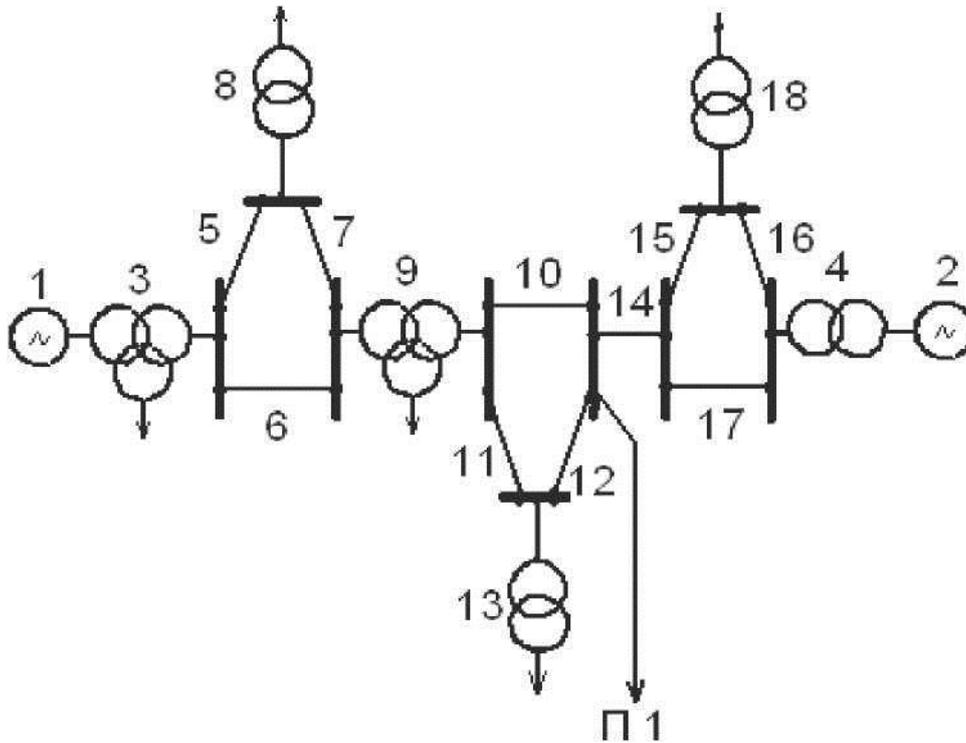


Рис.3. Схема системы электроснабжения потребителя Ш

Решение

1. Определяем условия работоспособности потребителя Ш

$$F_{П1} = \begin{vmatrix} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 10 \\ 1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 10 \\ 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11 \cdot 12 \\ 1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 11 \cdot 12 \\ 2 \cdot 4 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 14 \\ 2 \cdot 4 \cdot 17 \cdot 14 \end{vmatrix} .$$

2. Определим условия неработоспособности потребителя Ш

$$\bar{F}_{m1} = \begin{array}{|l} \bar{1} \cdot \bar{2} \\ \bar{1} \cdot \bar{4} \\ \bar{1} \cdot \bar{14} \\ \bar{3} \cdot \bar{2} \\ \bar{3} \cdot \bar{4} \\ \bar{3} \cdot \bar{14} \\ \bar{9} \cdot \bar{2} \\ \bar{9} \cdot \bar{4} \\ \bar{9} \cdot \bar{14} \end{array} + \begin{array}{|l} \bar{1} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{1} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{3} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{3} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{9} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{9} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{2} \cdot \bar{5} \cdot \bar{6} \\ \bar{2} \cdot \bar{6} \cdot \bar{7} \\ \bar{2} \cdot \bar{10} \cdot \bar{11} \\ \bar{2} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \\ \bar{4} \cdot \bar{5} \cdot \bar{6} \\ \bar{4} \cdot \bar{6} \cdot \bar{7} \\ \bar{4} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \\ \bar{4} \cdot \bar{10} \cdot \bar{11} \\ \bar{14} \cdot \bar{5} \cdot \bar{6} \\ \bar{14} \cdot \bar{6} \cdot \bar{7} \\ \bar{14} \cdot \bar{10} \cdot \bar{11} \\ \bar{14} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \end{array} + \begin{array}{|l} \bar{5} \cdot \bar{6} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{5} \cdot \bar{6} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{6} \cdot \bar{7} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{6} \cdot \bar{7} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{12} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{12} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{11} \cdot \bar{16} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{11} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \end{array}$$

3. Находим приближенное значение функции неработоспособности потребителя Ш

$$\tilde{F}\Pi_1 = \begin{vmatrix} \overline{1 \cdot 2} \\ \overline{1 \cdot 4} \\ \overline{1 \cdot 14} \\ \overline{3 \cdot 2} \\ \overline{3 \cdot 4} \\ \overline{3 \cdot 14} \\ \overline{9 \cdot 2} \\ \overline{9 \cdot 4} \\ \overline{9 \cdot 14} \end{vmatrix} .$$

4. Находим приближенный вероятностный полином для системы электроснабжения потребителя III

$$\tilde{Q}\Pi_1 = \begin{vmatrix} q_1 \cdot q_2 \\ q_1 \cdot q_4 \\ q_1 \cdot q_{14} \\ q_3 \cdot q_2 \\ q_3 \cdot q_4 \\ q_3 \cdot q_{14} \\ q_9 \cdot q_2 \\ q_9 \cdot q_4 \\ q_9 \cdot q_{14} \end{vmatrix} ,$$

где вероятность отказа элементов системы

$$P(\overline{1}) = q_1; P(\overline{2}) = q_2; P(\overline{3}) = q_3; P(\overline{4}) = q_4; P(\overline{9}) = q_9; P(\overline{14}) = q_{14}; P(\overline{1 \cdot 2}) = q_1 q_2 \text{ и т. д.}$$

5. Определяем частные производные приближенного полинома

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi_1}}{\partial q_1} q_1 \mu_1 = (q_2 + q_4 + q_{14}) q_1 \mu_1 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi_1}}{\partial q_2} q_2 \mu_2 = (q_1 + q_3 + q_9) q_2 \mu_2 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi_1}}{\partial q_3} q_3 \mu_3 = (q_2 + q_4 + q_{14}) q_3 \mu_3 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi_1}}{\partial q_4} q_4 \mu_4 = (q_1 + q_3 + q_9) q_4 \mu_4 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\pi 1}}{\partial q_9} q_9 \mu_9 = (q_2 + q_4 + q_{14}) q_9 \mu_9 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\pi 1}}{\partial q_{14}} q_{14} \mu_{14} = (q_1 + q_3 + q_9) q_{14} \mu_{14} .$$

6. Определяем среднее время восстановления электроснабжения потребителя Ш по приближенному полиному Q_m

$$\tilde{T}_в = \frac{\tilde{Q}_{\pi 1}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{\pi 1}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{(q_1 + q_3 + q_9)(q_2 + q_4 + q_{14})}{(q_1 + q_3 + q_9)(q_2 \mu_2 + q_4 \mu_4 + q_{14} \mu_{14}) + (q_2 + q_4 + q_{14})(q_1 \mu_1 + q_3 \mu_3 + q_9 \mu_9)} .$$

7. Определяем среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя Ш

$$\tilde{T} = \frac{1 - \tilde{Q}_{\pi 1}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{\pi 1}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{1 - (q_1 + q_3 + q_9)(q_2 + q_4 + q_{14})}{(q_1 + q_3 + q_9)(q_2 \mu_2 + q_4 \mu_4 + q_{14} \mu_{14}) + (q_2 + q_4 + q_{14})(q_1 \mu_1 + q_3 \mu_3 + q_9 \mu_9)} .$$

8. При равновероятностных значениях отказа элементов системы электроснабжения $q_i = q$ и интенсивности восстановления элементов системы электроснабжения $\mu_i = \mu$ среднее время восстановления электроснабжения потребителя Ш и среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя Ш будет определяться по выражению

$$\tilde{T}_в = \frac{9q^2}{9q^2\mu + 9q^2\mu} = \frac{9q^2}{18q^2\mu} = \frac{1}{2\mu} ;$$

$$\tilde{T} = \frac{1 - 9q^2}{9q^2\mu + 9q^2\mu} = \frac{1 - 9q^2}{18q^2\mu} .$$

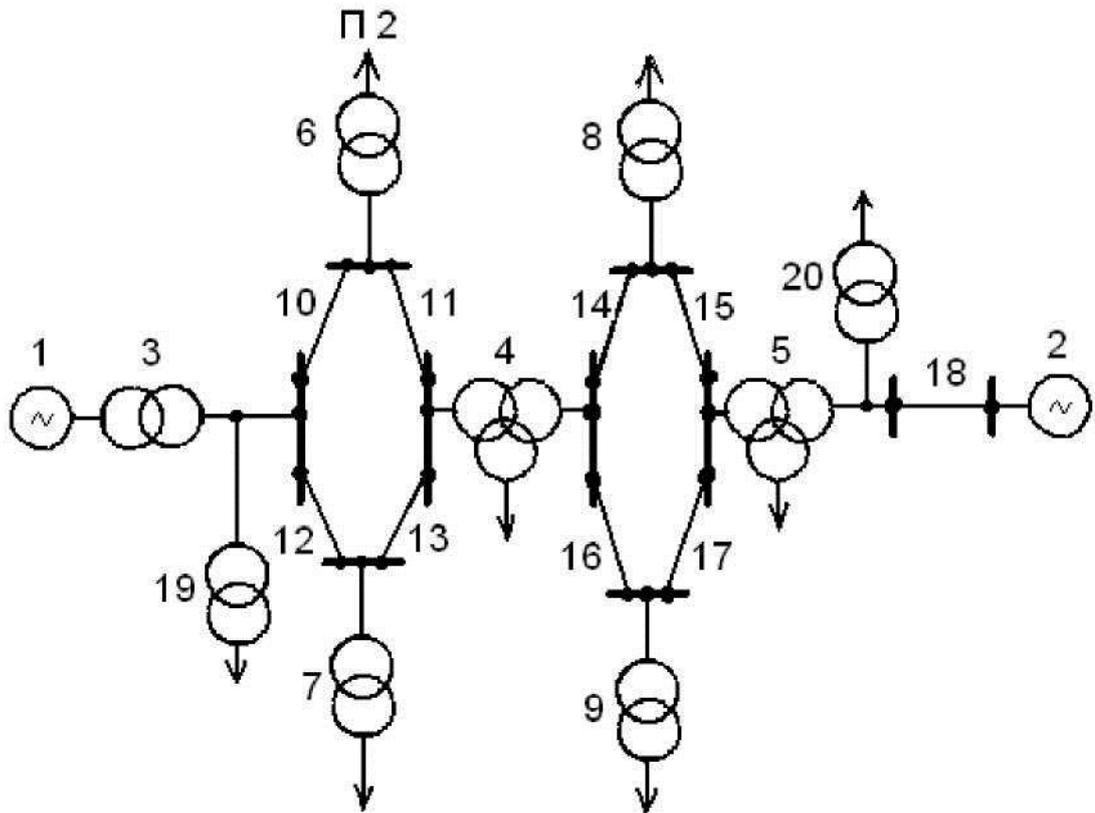


Рис.4. Схема системы электроснабжения потребителя П2

Решение

1. Условие работоспособности потребителя П2

$$F_{П2} = \begin{vmatrix} 1 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 6 \\ 1 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 13 \cdot 11 \cdot 6 \\ 2 \cdot 18 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 14 \cdot 4 \cdot 11 \cdot 6 \\ 2 \cdot 18 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 11 \cdot 6 \\ 2 \cdot 18 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 14 \cdot 4 \cdot 13 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 6 \\ 2 \cdot 18 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 13 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 6 \end{vmatrix} .$$

2. Условие неработоспособности потребителя П2

$$\bar{F}_{П2} = |\bar{6}| + \begin{vmatrix} \bar{1} \cdot \bar{2} \\ \bar{1} \cdot \bar{5} \\ \bar{1} \cdot \bar{4} \\ \bar{1} \cdot \bar{18} \\ \bar{3} \cdot \bar{2} \\ \bar{3} \cdot \bar{18} \\ \bar{3} \cdot \bar{5} \\ \bar{3} \cdot \bar{4} \\ \bar{10} \cdot \bar{11} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \bar{1} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{1} \cdot \bar{14} \cdot \bar{16} \\ \bar{1} \cdot \bar{15} \cdot \bar{16} \\ \bar{1} \cdot \bar{17} \cdot \bar{14} \\ \bar{1} \cdot \bar{11} \cdot \bar{13} \\ \bar{1} \cdot \bar{11} \cdot \bar{12} \\ \bar{3} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{3} \cdot \bar{14} \cdot \bar{16} \\ \bar{3} \cdot \bar{15} \cdot \bar{16} \\ \bar{3} \cdot \bar{17} \cdot \bar{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \bar{3} \cdot \bar{11} \cdot \bar{12} \\ \bar{3} \cdot \bar{11} \cdot \bar{13} \\ \bar{2} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \\ \bar{2} \cdot \bar{10} \cdot \bar{13} \\ \bar{18} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \\ \bar{18} \cdot \bar{10} \cdot \bar{13} \\ \bar{5} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \\ \bar{5} \cdot \bar{10} \cdot \bar{13} \\ \bar{4} \cdot \bar{10} \cdot \bar{12} \\ \bar{4} \cdot \bar{10} \cdot \bar{13} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \bar{10} \cdot \bar{12} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{12} \cdot \bar{15} \cdot \bar{16} \\ \bar{10} \cdot \bar{12} \cdot \bar{14} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{12} \cdot \bar{14} \cdot \bar{16} \\ \bar{10} \cdot \bar{13} \cdot \bar{15} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{13} \cdot \bar{15} \cdot \bar{16} \\ \bar{10} \cdot \bar{13} \cdot \bar{14} \cdot \bar{17} \\ \bar{10} \cdot \bar{13} \cdot \bar{14} \cdot \bar{16} \end{vmatrix}.$$

3. Находим приближенное значение функции неработоспособности потребителя П2

$$\tilde{F}_{П2} = |\bar{6}| + \begin{vmatrix} \bar{1} \cdot \bar{2} \\ \bar{1} \cdot \bar{18} \\ \bar{1} \cdot \bar{5} \\ \bar{1} \cdot \bar{4} \\ \bar{3} \cdot \bar{2} \\ \bar{3} \cdot \bar{18} \\ \bar{3} \cdot \bar{5} \\ \bar{3} \cdot \bar{4} \\ \bar{10} \cdot \bar{11} \end{vmatrix}.$$

4. Находим приближенный вероятностный полином для системы электроснабжения потребителя П2

$$\tilde{Q}_{\Pi 2} = |q_6| + \begin{vmatrix} q_1 q_2 \\ q_1 q_{18} \\ q_1 q_5 \\ q_1 q_4 \\ q_3 q_2 \\ q_3 q_{18} \\ q_3 q_5 \\ q_3 q_4 \\ q_{10} q_{11} \end{vmatrix} ,$$

где вероятность отказа элементов системы

$$P(\bar{1})=q_1; P(\bar{2})=q_2; P(\bar{3})=q_3; P(\bar{4})=q_4; P(\bar{5})=q_5; P(\bar{10})=q_{10}; P(\bar{11})=q_{11}; P(\bar{18})=q_{18}; P(\bar{6})=q_6; P(\bar{1} \cdot \bar{2})=q_1 q_2$$

5. Определяем частные производные приближенного полинома

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_6} q_6 \mu_6 = q_6 \mu_6 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_1} q_1 \mu_1 = (q_2 + q_4 + q_5 + q_{18}) q_1 \mu_1 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_2} q_2 \mu_2 = (q_1 + q_3) q_2 \mu_2 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_3} q_3 \mu_3 = (q_2 + q_4 + q_5 + q_{18}) q_3 \mu_3 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_4} q_4 \mu_4 = (q_1 + q_3) q_4 \mu_4 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_5} q_5 \mu_5 = (q_1 + q_3) q_5 \mu_5 ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{\Pi 2}}{\partial q_{18}} q_{18} \mu_{18} = (q_1 + q_3) q_{18} \mu_{18} ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{П2}}{\partial q_{10}} q_{10} \mu_{10} = q_{11} q_{10} \mu_{10} ;$$

$$\frac{\partial \tilde{Q}_{П2}}{\partial q_{11}} q_{11} \mu_{11} = q_{10} q_{11} \mu_{11} .$$

6. Определяем среднее время восстановления электроснабжения потребителя П2 по приближенному полиному $0u$

$$\tilde{T}_6 = \frac{\tilde{Q}_{П2}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{П2}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{q_6 + (q_1 + q_3)(q_2 + q_4 + q_5 + q_{18}) + q_{10} q_{11}}{q_6 \mu_6 + (q_2 + q_4 + q_5 + q_{18})(q_1 \mu_1 + q_3 \mu_3) + (q_1 + q_3)(q_2 \mu_2 + q_4 \mu_4 + q_5 \mu_5 + q_{18} \mu_{18}) + q_{11} q_{10} \mu_{10} + q_{10} q_{11} \mu_{11}}$$

7. Определяем среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя П2

$$\tilde{T} = \frac{1 - \tilde{Q}_{П2}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{П2}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{1 - [q_6 + (q_1 + q_3)(q_2 + q_4 + q_5 + q_{18}) + q_{10} q_{11}]}{q_6 \mu_6 + (q_2 + q_4 + q_5 + q_{18})(q_1 \mu_1 + q_3 \mu_3) + (q_1 + q_3)(q_2 \mu_2 + q_4 \mu_4 + q_5 \mu_5 + q_{18} \mu_{18}) + q_{11} q_{10} \mu_{10} + q_{10} q_{11} \mu_{11}}$$

8. При равновероятностных значениях отказа элементов системы электроснабжения $q_i = q$ и интенсивности восстановления элементов системы электроснабжения $\mu_i = \mu$ среднее время восстановления электроснабжения потребителя П2 и среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя П2 будет определяться по выражению

$$\tilde{T}_6 = \frac{q + 9q^2}{q\mu + 4q(2q\mu) + 2q(4q\mu) + 2q^2\mu} = \frac{q(1 + 9q)}{q\mu + 18q^2\mu} = \frac{1 + 9q}{\mu(1 + 18q)} ;$$

$$\tilde{T} = \frac{1 - (q + 9q^2)}{q\mu(1 + 18q)} = \frac{1 - q - 9q^2}{q\mu(1 + 18q)} .$$

9. Более простое решение этой задачи - воспользоваться расчетами по еще более приближенному значению функции неработоспособности потребителя П2

$$\tilde{F}_{П2} = |\bar{6}| ,$$

где сечение 6 - это самый важный элемент в системе питания потребителя П2 и входит в матрицу самого низкого ранга.

10. Определяем более приближенный вероятностный полином более приближенной функции неработоспособности потребителя П2

$$\tilde{Q}_{П2} = |q_6| \ .$$

11. Определяем среднее время восстановления электроснабжения потребителя П2 по более приближенному полиному *йн 2*

$$\tilde{T}_в = \frac{\tilde{Q}_{П2}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{П2}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{q_6}{q_6 \cdot \mu_6} = \frac{1}{\mu_6}$$

12. Определяем среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя П2

$$\tilde{T} = \frac{1 - \tilde{Q}_{П2}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{П2}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{1 - q_6}{q_6 \cdot \mu_6} \ .$$

Список литературы

Основная литература

1. Эксплуатация электрооборудования: Г. Н. Ерошенко [и др.] - М.: Колос, 2008.
2. Арсеньев, Г.Н. Электропреобразовательные устройства РЭС: учеб. пособие/ Г. Н. Арсеньев, И. В. Литовко ; ред. Г. Н. Арсеньев- М.: ИД "ФОРУМ", 2008.
3. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования [Текст] : учебное пособие / И. П. Крючков [и др.] ; ред.: И. П. Крючков, В. А. Старшинов. - 3-е изд., стер. - М. : ИЦ "Академия", 2008. - 416 с

Дополнительная литература

1. Вольдек, А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов/ А. И. Вольдек, В. В. Попов- СПб.: Питер, 2010.
2. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования [Текст] : учеб. пособие / В. П. Шеховцов. - 2-е изд., испр. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2010. - 214 с
3. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение [Текст] : учеб. пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - М. : ИП РадиоСофт, 2012.
4. ГОСТ 27.002-83.Надёжность в технике. Термины и определения.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.biblioclub.ru> - ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://e.lanbook.com> - электронно-библиотечная система «ЛАНЬ»
3. <http://elibrary.ru/> - eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
4. <http://www.consultant.ru> Официальный сайт компании "КонсультантПлюс"