

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухов Тимур Александрович

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

Дата подписания: 12.09.2023 17:27:44

Уникальный программный ключ: «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

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

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;

$T_{\text{в}}$ - среднее время восстановления работоспособного состояния; μ - интенсивность восстановления элементов;

q_i - вероятность отказов элементов.

Рассчитать в общем виде логико-вероятностным методом показатели надёжности T и $T_{\text{в}}$ системы электроснабжения конкретного потребителя в схемах электроснабжения, приведенных на рис.1 и рис.2. Номер потребителя ($B_0, B_1, \dots, B_9$) 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.

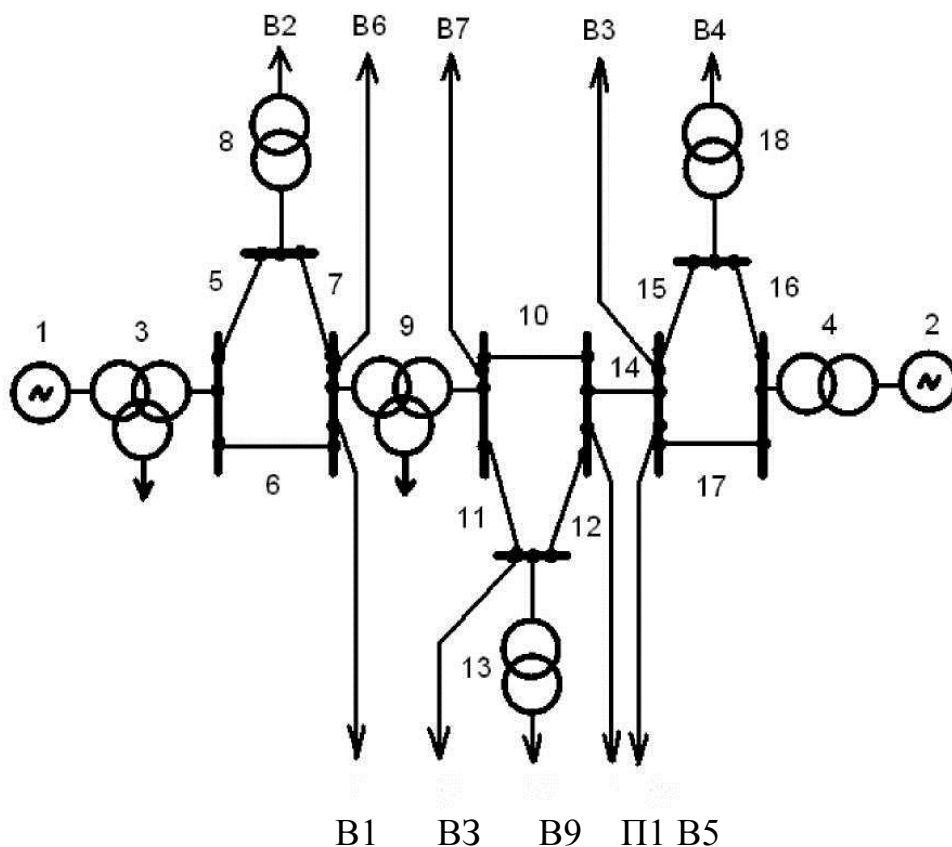


Рис. 1. Схема системы электроснабжения потребителей по вариантам

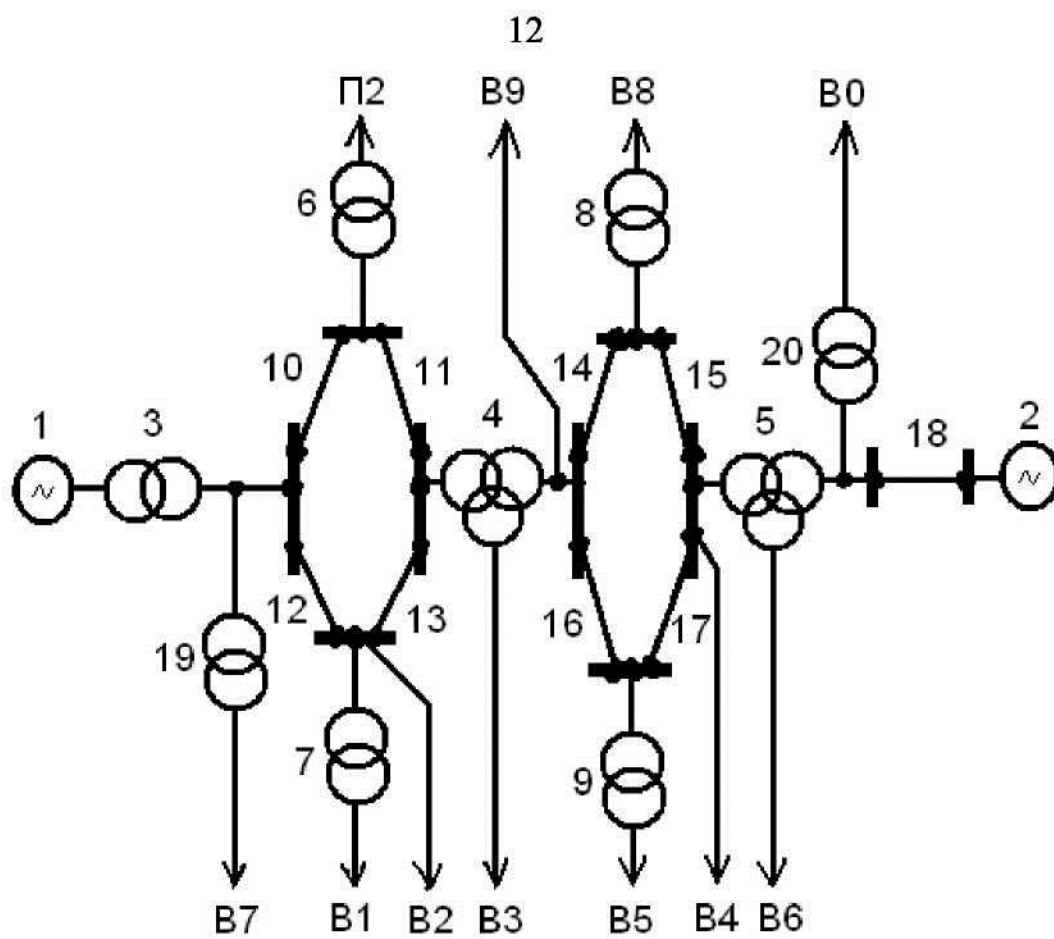


Рис. 2. Схема системы электроснабжения потребителей по вариантам

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

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

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).

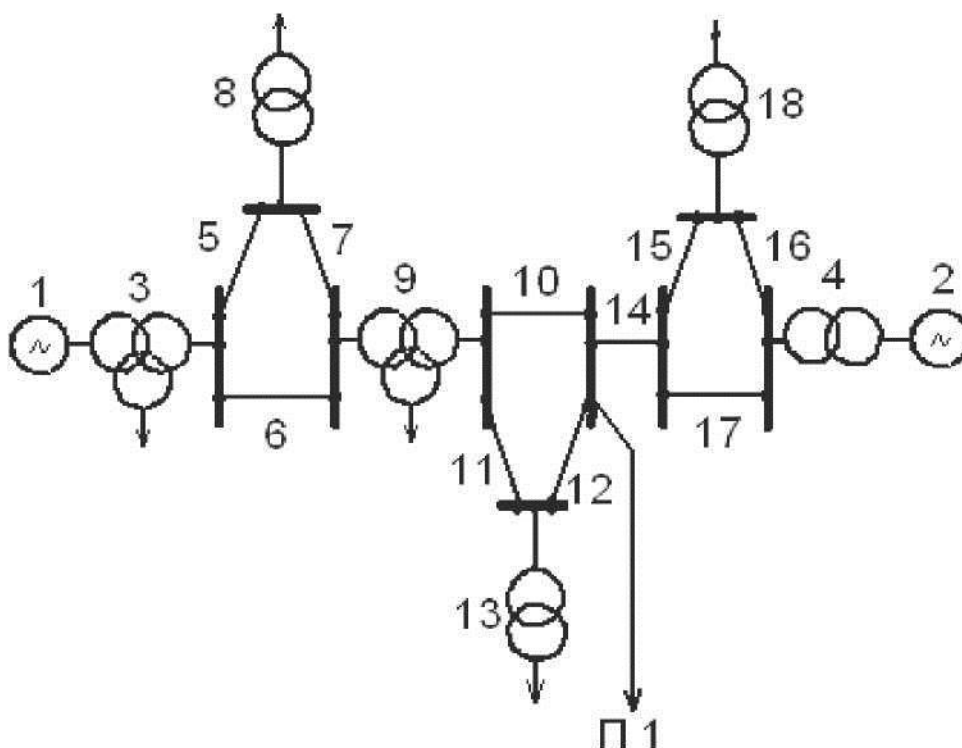


Рис.3. Схема системы электроснабжения потребителя Ш

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

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

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

$$\tilde{T}_6 = \frac{\tilde{Q}_{\pi 1}}{\sum \frac{\partial \tilde{Q}_{\pi 1}}{\partial q_i} \cdot q_i \cdot \mu_i} = \frac{(q_1 + q_3 + q_9)(q_2 + q_4 + q_{14})}{(q_1 + q_3 + q_9)(q_2 \mu_2 + q_4 \mu_4 + q_{14} \mu_{14}) + (q_2 + q_4 + q_{14})(q_1 \mu_1 + q_3 \mu_3 + q_9 \mu_9)} .$$

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

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

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

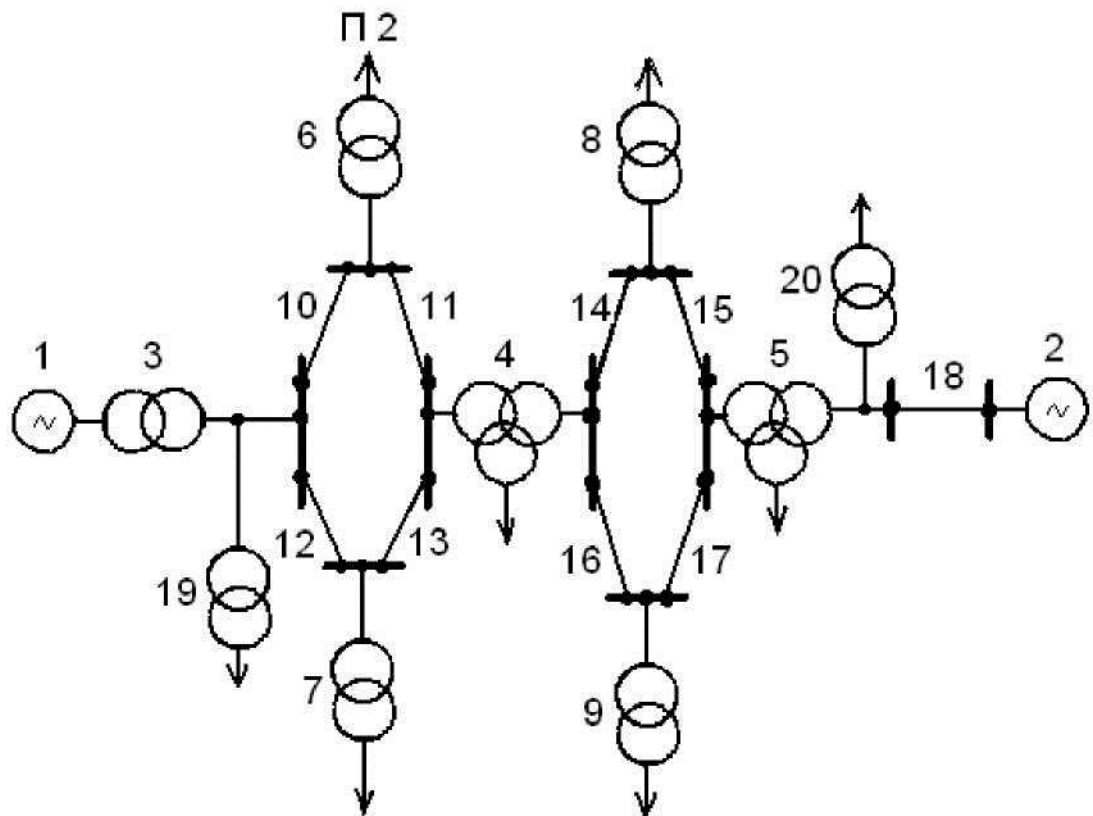


Рис.4. Схема системы электроснабжения потребителя П2

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

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

3. Находим приближенное значение функции неработоспособности потребителя П2

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

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 0μ

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

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

$$\tilde{\tilde{Q}}_{П2} = |q_6| \quad .$$

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

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

12. Определяем среднее время безотказной работы системы электроснабжения потребителя П2

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

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"