МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Тобольский индустриальный институт (филиал)
Кафедра электроэнергетики

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Надежность электроснабжения»
для обучающихся направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Составитель ***Е.Н. Леонов***

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2026062FC6FB7E4F1F37670D47CAB35B
Владелец: Клочков Юрий Сергеевич
Действителен: с 09.02.2024 до 04.05.2025

Тюмень
ТИУ
2020

Надежность электроснабжения: Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Надежность электроснабжения» для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / сост. Е.Н. Леонов; Тюменский индустриальный университет. – 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2020. – 20 с.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью изучения дисциплины «Надежность электроснабжения» является: подготовка обучающихся в области методики расчета уровней надежности систем электроснабжения.

На основании этого основными задачами курсовой работы по дисциплине «Надежность электроснабжения» является освоение обучающимися методики расчета уровней надежности систем электроснабжения.

Обучающийся после выполнения курсовой работы должен обладать компетенциями, предусмотренной ФГОС ВО:

- ПК-6 «Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности», в частности индикаторами достижения компетенции ПК-6.2 «Уметь решать практические задачи по определению характеристик систем электроснабжения с учётом случайного характера рассматриваемых величин; выполнять количественную характеристику свойств, определяющих надежность систем электроснабжения; выполнять расчет показателей надежности; составлять схему замещения по надежности и определять ее параметры; определять ущербы от недостаточного уровня надежности схемы электроснабжения» и 6.3 «Владеть навыками составления схемы замещения по надежности; навыками расчета основных показателей надежности»;

- ПК-7 «Готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике», в частности индикаторами достижения компетенции ПК-7.2 «Уметь принимать рациональные решения для повышения надежности систем электроснабжения» и 7.3 «Владеть навыками выбора рациональных решений для повышения надежности систем электроснабжения».

Курсовая работа призвана закрепить у обучающихся указанные компетенция в виде практических расчётов, а также подготовить их к другим электротехническим дисциплинам и выпускной квалификационной работы. Качество и степень проработки заданий (точность расчётов) позволят судить о квалификации обучающихся по избранному им направлению подготовки.

К выполнению курсовой работы следует приступать после изучения необходимого материала по данной теме из рекомендованной литературы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

Перед выполнением работы следует, внимательно ознакомится с настоящими правилами и строго их выполнять. Работы, выполненные небрежно и без соблюдения правил, возвращаются для переделки.

Курсовая работа выполняется в виде скрепленных в скоросшивателе листах белой бумаги формата А4.

Текст курсовой работы следует оформить в виде текста на персональном компьютере с помощью текстового редактора и отпечатанного на принтере на листах формата А4 с одной стороны. Цвет шрифта – черный. Поля страницы должны иметь следующие размеры: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Текст набирается через полтора интервала шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14, форматирование – по ширине, абзацный отступ равен 1,25 мм.

Допускается аккуратно оформить курсовую работу, делая все записи ручкой, а рисунки карандашом. На каждом листе оставляются поля для пометок преподавателя.

В начале работы надо привести краткое условие, расчетную схему и исходные данные для своего варианта. В ходе решения следует давать краткие пояснения. Расчёты и пояснения надо писать разборчиво, технически и литературно грамотным языком, без сокращения слов, кроме общепринятых. Помарки, вставки, перечеркивания и т.п. не допускаются. Как исключение, на исправленный текст можно наклеить новый текст, либо использовать штрих – корректор.

Расчетные формулы следует писать сначала в общем виде (в буквенных выражениях) и лишь затем подставлять в них цифровые значения, указывая размерность полученного результата. Окончательные результаты должны быть представлены с точностью до трёх значащих цифр.

Размеры шрифта для формул:

- обычный – 14 пт;
- крупный индекс – 10 пт;
- мелкий индекс – 8 пт;
- крупный символ – 20 пт;
- мелкий символ – 14 пт.

Схемы, диаграммы и графики называются рисунками, они размещаются среди текста, номеруются и снабжаются подписью. Схемы и графики вычерчиваются только по линейке, транспортиру и трафаретам. Выполнение рисунков от руки не допускается. Стрелок на осях координат не ставят, числовая отметка в левом нижнем углу не обязана быть нулем. На осях графиков не забывать наносить обозначения физических величин и их единицы измерения.

Страницы нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляется в центре нижней части листа без точки. Титульный лист, включается в общую нумерацию страниц, без проставления на нем номера страницы.

Не зачтенную курсовую работу необходимо исправить в соответствии с замечаниями преподавателя и сдать на повторную проверку. Исправления

делаются в той же тетради (скоросшивателе) в конце работы. Стирать или заклеивать замечания не разрешается.

Курсовая работа должна быть вычитана и отредактирована. Студент отвечает за грамотность и аккуратность оформления курсовой работы. На титульном листе перед своей фамилией автор ставит подпись, удостоверяющую, что текст работы проверен.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

№	Виды контрольных мероприятий	Баллы
1	Выполнение задания №1	0-5
2	Выполнение задания №2	0-10
3	Выполнение задания №3	0-10
4	Выполнение задания №4	0-10
5	Выполнение задания №5	0-10
6	Выполнение задания №6	0-5
7	Соблюдение сроков выполнения задания	0-10
8	Оформление текста пояснительной записки	0-10
9	Качество и правильность построения схем на рисунках	0-10
10	Ответы на вопросы	0-20
	ВСЕГО	**0-100**

Варианты заданий по дисциплине «Надежность электроснабжения»

№ варианта	X1	X2	X3	X4	n	Δt
1	КЛ1	МВ1	СШ2	РУ - 10	2	1
2	КЛ2	МВ2	СШ3	РУ - 10	2	1
3	КЛ3	ВЛ1	СШ4	РУ - 10	2	1
4	КЛ4	Т1	СШ3	РП – 1	2	1
5	КЛ5	Т2	СШ4	РП – 1	2	1
6	КЛ1	Т3	СШ 0,4 кВ	ТП-1	2	1
7	КЛ2	Т4	СШ1	ТП-2	2	1
8	КЛ3	Т5	СШ2	ТП-2	2	1
9	КЛ4	В1	СШ1	РУ - 10	2	1
10	КЛ5	В2	СШ2	РУ - 10	2	1
11	КЛ1	В3	СШ3	РУ - 10	2	1
12	КЛ2	В4	СШ4	РУ - 10	2	1
13	КЛ3	В5	СШ3	РП – 1	2	1
14	КЛ4	В6	СШ4	РП – 1	2	1
15	КЛ5	В7	СШ 0,4 кВ	ТП-1	2	1
16	КЛ1	В8	СШ1	ТП-2	2	1
17	КЛ2	В9	СШ2	ТП-2	2	1
18	КЛ3	В10	СШ1	РУ - 10	2	1
19	КЛ4	В11	СШ2	РУ - 10	2	1
20	КЛ5	В12	СШ3	РУ - 10	2	1
21	КЛ1	В13	СШ4	РУ - 10	2	1
22	КЛ2	В14	СШ3	РП – 1	2	1
23	КЛ3	В15	СШ4	РП – 1	2	1
24	КЛ4	В16	СШ 0,4 кВ	ТП-1	2	1
25	КЛ5	В17	СШ1	ТП-2	2	1
26	КЛ1	В18	СШ2	ТП-2	2	1
27	КЛ2	В19	СШ1	РУ - 10	2	1
28	КЛ3	П1	СШ2	РУ - 10	2	1
29	КЛ4	П2	СШ3	РУ - 10	2	1
30	КЛ5	ВН1	СШ4	РУ - 10	1	1
31	КЛ1	ВН2	СШ3	РП – 1	1	1
32	КЛ2	Р1	СШ4	РП – 1	1	1
33	КЛ3	А1	СШ 0,4 кВ	ТП-1	1	1
34	КЛ4	А2	СШ1	ТП-2	1	1
35	КЛ5	А3	СШ2	ТП-2	1	1
36	КЛ1	А4	СШ1	РУ - 10	1	1
37	КЛ3	В4	СШ2	ТП-2	1	1
38	КЛ4	В5	СШ1	РУ - 10	1	1
39	КЛ5	В6	СШ2	РУ - 10	1	1
40	КЛ1	В7	СШ3	РУ - 10	1	1
41	КЛ2	В8	СШ4	РУ - 10	1	1
42	КЛ3	В9	СШ3	РП – 1	1	1
43	КЛ4	В10	СШ4	РП – 1	1	1
44	КЛ5	В11	СШ 0,4 кВ	ТП-1	1	1
45	КЛ1	В12	СШ1	ТП-2	1	1
46	КЛ2	В13	СШ2	ТП-2	1	1
47	КЛ3	В14	СШ1	РУ - 10	1	1
48	КЛ4	В15	СШ2	РУ - 10	1	1
49	КЛ5	В16	СШ3	РУ - 10	1	1
50	КЛ1	В17	СШ4	РУ - 10	1	1

51	КЛ2	В18	СШ3	РУ - 10	1	1
52	КЛ3	В19	СШ4	РУ - 10	1	1
53	КЛ4	П1	СШ3	РП – 1	1	1
54	КЛ5	П2	СШ4	РП – 1	1	1
55	КЛ1	ВН1	СШ 0,4 кВ	ТП-1	1	1
56	КЛ2	ВН2	СШ1	ТП-2	1	1
57	КЛ3	Р1	СШ2	ТП-2	1	1
58	КЛ4	А1	СШ1	РУ - 10	1	1
59	КЛ5	А2	СШ2	РУ - 10	1	1
60	КЛ1	А3	СШ3	РУ - 10	1	1
61	КЛ2	А4	СШ2	РУ - 10	3	2
62	КЛ3	А5	СШ3	РУ - 10	3	2
63	КЛ4	А6	СШ4	РУ - 10	3	2
64	КЛ5	А7	СШ3	РП – 1	3	2
65	КЛ1	КЛ3	СШ4	РП – 1	3	2
66	КЛ2	КЛ5	СШ 0,4 кВ	ТП-1	3	2
67	КЛ3	КЛ1	СШ1	ТП-2	3	2
68	КЛ4	КЛ5	СШ2	ТП-2	3	2
69	КЛ4	В14	СШ3	РУ - 10	3	2
70	КЛ5	В15	СШ4	РУ - 10	3	2
71	КЛ1	В16	СШ3	РП – 1	3	2
72	КЛ2	В17	СШ4	РП – 1	3	2
73	КЛ3	В18	СШ 0,4 кВ	ТП-1	3	2
74	КЛ4	В19	СШ1	ТП-2	3	2
75	КЛ5	П1	СШ2	ТП-2	3	2
76	КЛ1	П2	СШ1	РУ - 10	3	2
77	КЛ2	ВН1	СШ2	РУ - 10	3	2
78	КЛ3	ВН2	СШ3	РУ - 10	3	2
79	КЛ4	Р1	СШ4	РУ - 10	3	2
80	КЛ5	А1	СШ3	РП – 1	3	2
81	КЛ1	А2	СШ4	РП – 1	3	2
82	КЛ2	А3	СШ 0,4 кВ	ТП-1	1	2
83	КЛ3	А4	СШ1	ТП-2	1	2
84	КЛ4	А5	СШ2	ТП-2	1	2
85	КЛ5	А6	СШ1	РУ - 10	1	2
86	КЛ1	А7	СШ2	РУ - 10	1	2
87	КЛ2	КЛ3	СШ3	РУ - 10	1	2
88	КЛ3	КЛ5	СШ4	РУ - 10	1	2
89	КЛ4	КЛ1	СШ3	РП – 1	1	2
90	КЛ5	МВ2	СШ4	РП – 1	1	2
91	КЛ1	ВЛ1	СШ 0,4 кВ	ТП-1	1	2
92	КЛ2	Т1	СШ4	РП – 1	1	2
93	КЛ3	Т2	СШ 0,4 кВ	ТП-1	1	2
94	КЛ4	Т3	СШ1	ТП-2	1	2
95	КЛ5	Т4	СШ2	ТП-2	1	2
96	КЛ1	Т5	СШ1	РУ - 10	1	2
97	КЛ3	В1	СШ2	РУ - 10	1	2
98	КЛ4	В2	СШ3	РУ - 10	1	2
99	КЛ5	В3	СШ4	РУ - 10	1	2
100	КЛ1	В4	СШ3	РП – 1	1	2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

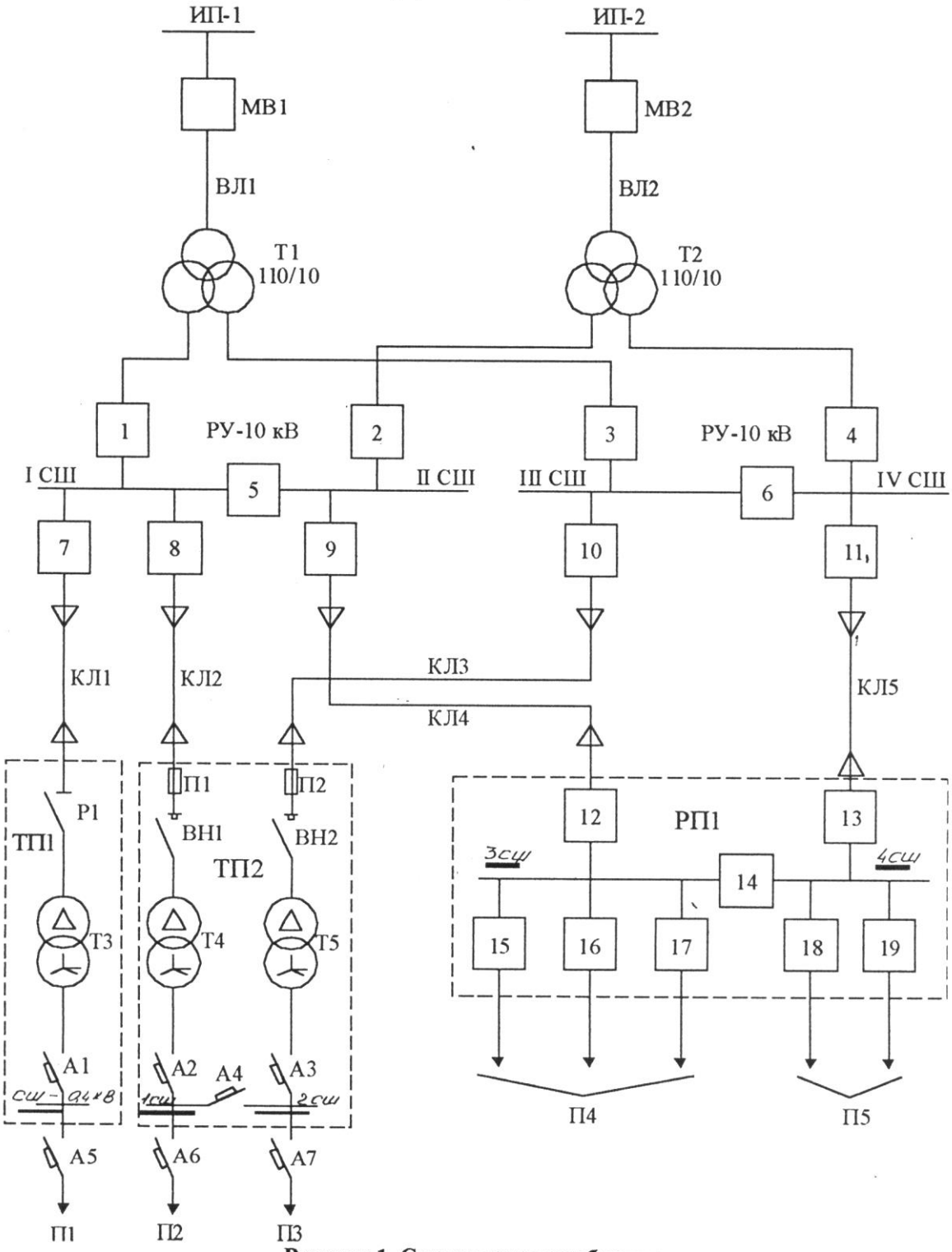

Рисунок 1 Схема электроснабжения

Задания на курсовую работу

Задание №1

Проанализировать работу СЭС при отключении Х1. Предусмотреть после анализа аварийной ситуации мероприятия повышения надежности схемы.

Задание № 2

Определить параметр потока отказов элемента Х2 СЭС.

Задание № 3

Записать логическую функцию работоспособности СЭС для электрического приемника, подключенного к Х3 секции шин подстанции Х4.

Задание № 4

Записать логическую функцию неработоспособности СЭС для электрического приемника, подключенного к Х3 секции шин подстанции Х4.

Задание № 5

Рассчитать показатели надежности схемы электроснабжения потребителя, подключенного к Х3 подстанции Х4 по логико-вероятностному методу без учета ремонта.

Задание № 6

Провести количественный анализ мероприятий повышающих надежность схемы электроснабжения в соответствии с заданием 1.

Структура курсовой работы

В обязательном порядке курсовая работа должна включать следующие разделы:

- введение;
- расчет показателей надежности;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Во введении необходимо сформулировать цель и задачи работы, охарактеризовать объект и методы исследования. Объем введения составляет 1—2 страницы.

Расчет показателей надежности. Выполняется расчет показателей надежности в соответствии с заданиями.

Заключение. В заключении должны быть сформулированы краткие выводы по всей работе. Объем заключения — 1 страница.

Пример оформления курсовой работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ТОБОЛЬСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

Кафедра электроэнергетики

Пояснительная записка

к курсовой работе

по дисциплине «Надежность электроснабжения»

Расчет показателей надежности электроснабжения электроприемника, подключенного к 2 секции РУ-10 кВ подстанции при отказе выключателя МВ1

Выполнил:
обучающийся группы ЭСб-17
Гладков И.Н.
Проверил:
к.т.н., доцент
Леонов Е.Н.

Тобольск, 2020 г.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

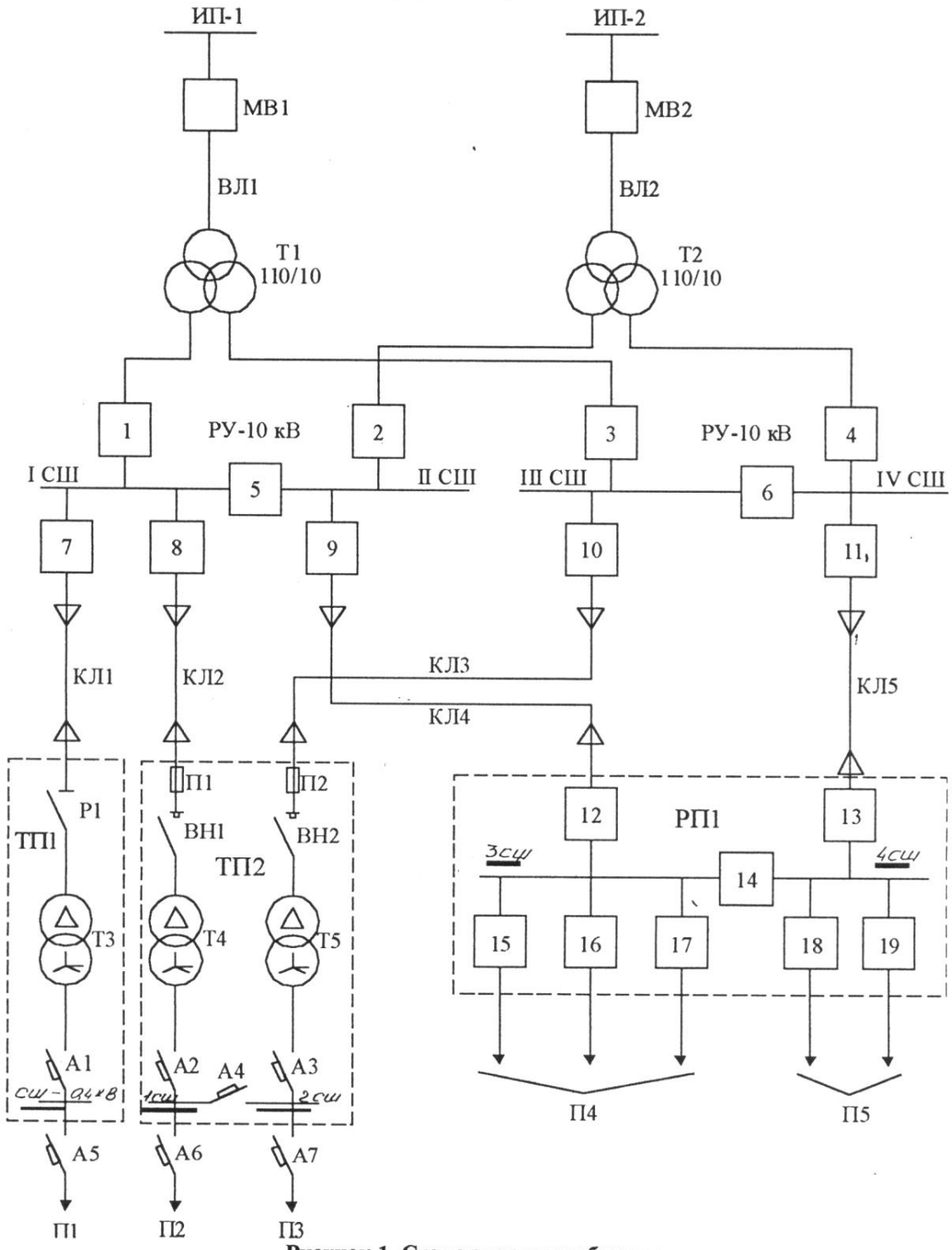

Рисунок 1 Схема электроснабжения

Вариант задания:

X1	X2	X3	X4	n	Δt, год	Длина ВЛ, км	Длина КЛ, км
ВН2	Т2	3СШ	РУ-10 кВ	1	0,5	10	1

Задания на курсовую работу

Задание №1

Проанализировать работу СЭС при отключении Х1. Предусмотреть после анализа аварийной ситуации мероприятия повышения надежности схемы.

Задание № 2

Определить параметр потока отказов элемента Х2 СЭС.

Задание № 3

Записать логическую функцию работоспособности СЭС для электрического приемника, подключенного к Х3 секции шин подстанции Х4.

Задание № 4

Записать логическую функцию неработоспособности СЭС для электрического приемника, подключенного к Х3 секции шин подстанции Х4.

Задание № 5

Рассчитать показатели надежности схемы электроснабжения потребителя, подключенного к Х3 подстанции Х4 по логико-вероятностному методу без учета ремонта.

Задание № 6

Провести количественный анализ мероприятий повышающих надежность схемы электроснабжения в соответствии с заданием 1.

Расчет показателей надежности

Задание №1

Проанализировать работу СЭС при отключении Х1. Предусмотреть после анализа аварийной ситуации мероприятия повышения надежности схемы.

При отключении выключателя ВН2 теряет питание РЗ после срабатывания АВР на А4 потребитель РЗ получает питание.

Мероприятия по повышению надежности:

1. Замена ВН2 на вакуумный выключатель
2. Повышение качества ремонта при выходе из строя элементов схемы
3. Совершенствование релейной защиты.

Задание № 2

Определить параметр потока отказов элемента Х2 СЭС.

$$\hat{\omega} = \frac{n}{N \cdot \Delta t} = \frac{1}{2 \cdot 0{,}5} = 1 \text{ год}^{-1},$$

где n – количество отказов,

Δ t – время наблюдения,

N – число рабочих элементов.

Задание № 3

Записать логическую функцию работоспособности СЭС для электрического приемника, подключенного к Х3 секции шин подстанции Х4.

Логическая функция работоспособности для рассматриваемого варианта имеет вид:

$$Z = (X_{мв1}X_{вл1}X_{т1}X_{3}X_{сш3}) + (X_{мв2}X_{вл2}X_{т2}X_{4}X_{ст4}X_{6}X_{сш3}) +$$
$$(X_{мв2}X_{вл2}X_{т2}X_{2}X_{сш2}X_{9}X_{кл4}X_{12}X_{1сшРП1}X_{14}X_{2сшРП1}X_{13}X_{кл5}X_{11}X_{6}X_{сш3}) +$$
$$(X_{мв1}X_{вл1}X_{тр}X_{1}X_{1сш}X_{5}X_{2сш}X_{9}X_{кл4}X_{12}X_{1сшРП1}X_{14}X_{2сшРП1}X_{13}X_{кл5}X_{11}X_{4сш}X_{6}X_{3сш}).$$

Задание № 4

Записать логическую функцию неработоспособности СЭС для электрического приемника, подключенного к Х3 секции шин подстанции Х4.

Для упрощения преобразований обозначим:

$$\overline{X}_A = \overline{X}_{МВ1} + \overline{X}_{ВЛ1} + \overline{X}_{Т1},$$

$$\overline{X}_B = \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_{Т2},$$

$$\overline{X}_C = (\overline{X}_9 + \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_{12} + \overline{X}_{1СШРП} + \overline{X}_{14} + \overline{X}_{2СШРП} +$$
$$+ \overline{X}_{13} + \overline{X}_{КЛ5} + \overline{X}_{11} + \overline{X}_{4СШ} + \overline{X}_6 + \overline{X}_{2СШ}) \quad .$$

Тогда

$$\overline{Z} = (\overline{X}_A + \overline{X}_3 + \overline{X}_{СШ3})*(\overline{X}_B + \overline{X}_4 + \overline{X}_{СШ4} + \overline{X}_6 + \overline{X}_{СШ3})*(\overline{X}_B + \overline{X}_2 + \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_C)*(\overline{X}_A + \overline{X}_1 + \overline{X}_{СШ1} + \overline{X}_5 + \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_C) =$$
$$+ \overline{X}_A * \overline{X}_B + \overline{X}_A * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 + \overline{X}_A * \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_A * \overline{X}_4 * \overline{X}_C + \overline{X}_A * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_2 + \overline{X}_A * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_A * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_C +$$
$$+ \overline{X}_A * \overline{X}_6 * \overline{X}_2 + \overline{X}_A * \overline{X}_6 * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_A * \overline{X}_6 * \overline{X}_C + \overline{X}_A * \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_A + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_2 * \overline{X}_A +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_6 * \overline{X}_2 * \overline{X}_A + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_A + \overline{X}_3 * \overline{X}_B * \overline{X}_1 + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 + \overline{X}_3 * \overline{X}_6 * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_B * \overline{X}_1 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 + \overline{X}_3 * \overline{X}_B * \overline{X}_{СШ1} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ1} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ1} +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_6 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ1} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_B * \overline{X}_{СШ1} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ1} + \overline{X}_3 * \overline{X}_B * \overline{X}_5 + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_5 +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_2 * \overline{X}_5 + \overline{X}_3 * \overline{X}_6 * \overline{X}_2 * \overline{X}_5 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_B * \overline{X}_5 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_5 + \overline{X}_3 * \overline{X}_B * \overline{X}_{СШ2} +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_6 * \overline{X}_{СШ6} +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_B * \overline{X}_C + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_C + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_C + \overline{X}_3 * \overline{X}_6 * \overline{X}_C + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_C$$

Осуществив обратную подстановку получим:

$$\overline{Z} = \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_{МВ2} +$$
$$+ \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{МВ1} + \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{ВЛ1} + \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{Т1} + \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ2} * \overline{X}_{ВЛ1} +$$
$$+ \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ2} * \overline{X}_{Т1} + \overline{X}_4 * \overline{X}_9 * \overline{X}_{МВ1} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{12} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{1СШРП} +$$
$$+ \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{14} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{2СШРП} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{13} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ5} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{11} +$$
$$+ \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ3} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_9 + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{12} + \overline{X}_4 * \overline{X}_{1СШРП} * \overline{X}_{ВЛ1} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{14} +$$
$$+ \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{2СШРП} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{13} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ5} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{11} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_6 +$$
$$+ \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ3} + \overline{X}_4 * \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_9 + \overline{X}_4 * \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_4 * \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_{12} + \overline{X}_4 * \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_{1СШРП} +$$
$$+ \overline{X}_4 * \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_{14} + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{2СШРП} + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{13} + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ5} + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_4 +$$
$$+ \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_6 + \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ3} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_{СШ4} + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_{СШ4} + \overline{X}_{СШ4} * \overline{X}_{Т1} + \overline{X}_{МВ1} * \overline{X}_6 + \overline{X}_{ВЛ1} * \overline{X}_6 +$$
$$+ \overline{X}_{Т1} * \overline{X}_6 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_{МВ1} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_{ВЛ1} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_{Т1} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{МВ1} +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{ВЛ1} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{Т1} + \overline{X}_1 * \overline{X}_3 * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_1 * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_1 * \overline{X}_{Т2} +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_1 * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_1 * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_1 * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_1 + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{СШ1} +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ1} * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ1} +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_5 * \overline{X}_{МВ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_5 * \overline{X}_{ВЛ2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_5 * \overline{X}_{Т2} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_5 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_6 * \overline{X}_5 +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_2 * \overline{X}_5 + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_2 * \overline{X}_{СШ2} + \overline{X}_{СШ2} * \overline{X}_{СШ3} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{МВ2} * \overline{X}_9 + \overline{X}_3 * \overline{X}_{МВ2} * \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{МВ2} * \overline{X}_{12} +$$
$$+ \overline{X}_{МВ2} * \overline{X}_{1СШРП} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{МВ2} * \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{ВЛ2} * \overline{X}_9 * \overline{X}_3 + \overline{X}_{ВЛ2} * \overline{X}_{КЛ9} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{ВЛ2} * \overline{X}_{11} * \overline{X}_3 +$$
$$+ \overline{X}_{ВЛ2} * \overline{X}_6 * \overline{X}_3 + \overline{X}_{ВЛ2} * \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_9 * \overline{X}_3 + \overline{X}_{ВЛ2} * \overline{X}_9 * \overline{X}_3 + \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_{КЛ4} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_{13} * \overline{X}_3 +$$
$$+ \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_{1СШРП} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_{14} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_{2СШРП} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{13} * \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{КЛ5} * \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_3 + \overline{X}_{11} * \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_3 +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{Т2} * \overline{X}_3 + \overline{X}_4 * \overline{X}_9 * \overline{X}_3 + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{12} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{1СШРП} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{14} +$$
$$+ \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{2СШРП} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{13} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{КЛ5} + \overline{X}_3 * \overline{X}_4 * \overline{X}_{11} + \overline{X}_3 * \overline{X}_{СШ4} + \overline{X}_3 * \overline{X}_6 +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_9 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{КЛ4} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{12} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{1СШРП} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{14} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{2СШРП} +$$
$$+ \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_9 + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{13} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{КЛ5} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{11} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_{СШ4} + \overline{X}_{СШ3} * \overline{X}_6 + \overline{X}_{СШ3}.$$

Задание № 5

Рассчитать показатели надежности схемы электроснабжения потребителя, подключенного к Х3 подстанции Х4 по логико-вероятностному методу без учета ремонта.

$$P_I = e^{-(\omega_{МВ1}+\omega_{ВЛ1}+\omega_{Т1}+\omega_3+\omega_{СШ3})\cdot t},$$

$$P_{II} = e^{-(\omega_{МВ2}+\omega_{ВЛ2}+\omega_{Т2}+\omega_4+\omega_{СШ4}+\omega_{СШ3})\cdot t}\cdot(1-q_6),$$

$$P_{III} = e^{-(\omega_{МВ2}+\omega_{ВЛ2}+\omega_{Т2}+\omega_2+\omega_{СШ2}+\omega_9+\omega_{КЛ4}+\omega_{12}+ +\omega_{1СШРП}+\omega_{2СШРП}+\omega_{13}+\omega_{КЛ5}+\omega_{11}+\omega_{СШ4}+\omega_{СШ3})\cdot t}\cdot(1-q_{14})\cdot(1-q_6),$$

$$P_{IV} = e^{-(\omega_{МВ1}+\omega_{ВЛ1}+\omega_{Т1}+\omega_1+\omega_{СШ1}+\omega_{СШ2}+\omega_9+\omega_{КЛ4}+\omega_{12}+ +\omega_{1СШРП}+\omega_{2СШРП}+\omega_{13}+\omega_{КЛ5}+\omega_{11}+\omega_{СШ4}+\omega_{СШ3})\cdot t}\cdot(1-q_5)\cdot(1-q_{14})\cdot(1-q_6),$$

$$P_\Sigma = 1-(1-P_I)\cdot(1-P_{II})\cdot(1-P_{III})\cdot(1-P_{IV}).$$

Подставим численные значения и получим:

$$P_I = e^{-(0,02+0,08\cdot10+0,03+0,015+0,001\cdot3)\cdot0,5} = 0,648,$$

$$P_{II} = e^{-(0,02+0,08\cdot10+0,03+0,015+0,001\cdot3+0,001\cdot2)\cdot0,5}(1-0,04) = 0,621,$$

$$P_{III} = e^{-(0,02+0,08\cdot10+0,03+0,015+0,001\cdot3+0,015+0,1+0,015+0,001\cdot4+ +0,001\cdot4+0,015+0,1+0,015+0,001\cdot3+0,001\cdot3)\cdot t}(1-0,04)(1-0,04) = 0,521,$$

$$P_{IV} = e^{-(0,02+0,08\cdot10+0,03+0,015+0,001\cdot3+0,001\cdot3+0,015+0,1+0,015+0,001\cdot4+ +0,001\cdot4+0,015+0,1+0,015+0,001\cdot3+0,001\cdot3)\cdot t}(1-0,04)(1-0,04)(1-0,04) = 0,499.$$

Результирующая вероятность безотказной работы системы:

$$P_\Sigma = 1-(1-0,648)\cdot(1-0,621)\cdot(1-0,521)\cdot(1-0,499) = 0.968$$

Задание № 6

Провести количественный анализ мероприятий повышающих надежность схемы электроснабжения в соответствии с заданием 1.

Находим показатель надежности до проведения мероприятий по повышению надежности $\omega_{вн2} = 0,015\,год^{-1}$

Если вместо выключателя нагрузки установить вакуумный выключатель, то показатели надежности изменятся следующим образом.

Поскольку вакуумный выключатель способен коммутировать любые токи, то при его установке также отпадает необходимость в предохранителе П2. Следовательно, при сравнении надежностных характеристик необходимо учитывать и параметры предохранителя.

Параметр потока отказов в исходном варианте схемы:

$$\omega_1 = \omega_{П2} + \omega_{ВН2} = 0{,}05 + 0{,}08 = 0{,}13 = 0{,}05 + 0{,}08 = 0{,}13 \text{ год}^{-1}.$$

Параметр потока отказов в модернизированном варианте схемы:

$$\omega_2 = \omega_{\text{вак.выкл}} = 0{,}015 \text{ год}^{-1}$$

Из приведенных расчетов видно, что в новом варианте схемы параметр потока отказов уменьшится на порядок, следовательно, надежность электроснабжения возрастет.

Приложение 1

Таблица П.1.1.

Показатели надежности элементов систем электроснабжения

Элемент	**Интенсивность отказов, год$^{-1}$**	Среднее время восстановления $T_В$, ч	Интенсивность преднамеренных отключений, год$^{-1}$	Среднее время обслуживания T_0, ч
Воздушная линия 35, 110 кВ одноцепная, на 1км длины	0,08	8	0,15	8
Воздушная линия 35, 110 кВ двухцепная, на 1км длины	0,008	10	0,01	8
Воздушная линия 6,10 кВ одноцепная, на 1км длины	0,25	6	0,25	5,8
Кабельная линия 6,10 кВ на 1км. длины	0,10	25	0,5	3
Две кабельные линии в одной траншее, на 1км длины	0,05	15	0,05	3
Воздушная линия 0,38 кВ, на 1км длины	0,20	4	0,3	5
Трансформатор с высшим напряжением 35,110 кВ	0,03	30	0,4	22
Трансформатор с высшим напряжением 6,10 кВ	0,035	8	0,3	8
Выключатель 35, 110кВ	0,02	7	0,3	6
Выключатель 6, 10кВ внутренней установки	0,015	6	0,2	6
Выключатель 6,10кВ КРУН наружной установки	0,05	5	0,3	5
Отделитель, короткозамыкатель 35, 110 кВ	0,05	4	0,3	5
Разъединитель 35, 110кВ	0,005	4	0,25	4
Разъединитель 6, 10кВ внутренней установки	0,002	3	0,2	3,5
Разъединитель 6, 10кВ наружной установки	0,01	3	0,2	3,5
Предохранитель 6, 10кВ	0,05	2,5	0,2	3
Линейный разъединитель 6, 10кВ	0,08	4,5	-	-
Шины ОРУ 35, 110кВ, на 1 присоединение	0,001	5	0,15	6
Шины РУ 6, 10кВ, на 1 присоединение	0,001	4	0,16	5
Сборка НН-0,4кВ ТП	0,007	4	0,2	5

Таблица П.1.2.

Коэффициенты совпадения основных элементов электрических сетей

Условное обозначение	Базовые элементы			
	ВЛ (КЛ) 35,110кВ	ВЛ (КЛ) 6, 10кВ	Тр-р 110, 35/10кВ	Тр-р 6, 10/0,4кВ
Воздушная линия 6, 10 кВ	0,7	1	0,6	-
Кабельная линия 6, 10 кВ	0,6	1	0,5	-
Ячейка распредустройства 6, 10 кВ	0,3	0,6	0,4	1
Ячейка распредустройства 35, 110 кВ	0,8	-	0,6	-
Выключатель 6, 10 кВ	0,8	0,8	0,7	-
Трансформатор 35, 110/10 кВ	0,6	-	1	-
Трансформатор 6, 10/0,4 кВ	0,3	0,6	0,4	1
Шины 35, 110кВ	0,6	-	0,8	-
Шины 6, 10кВ	0,75	-	0,7	0,8
Сборка НН ТП	-	0,4	-	0,8

Таблица П.1.3.

Время локализации отказов для объектов электрических сетей

Вид объекта	Время локализации отказа, $T_{Л}$, ч	
	На объекте с дежурным персоналом	Действиями ОВБ
Упрощенная понизительная подстанция 35, 110 кВ: Городская В сельской местности	 0,2 0,2	 1,0 2,0
Узловая подстанция 35, 110 кВ с системами шин	0,3	-
Распределительный пункт 6, 10 кВ в городе	0,2	1,4
Трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ: Городская В сельской местности	 - -	 1,4 2,0

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Надежность электроснабжения»
для обучающихся направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Составитель:
ЛЕОНОВ Евгений Николаевич

В авторской редакции

Подписано в печать .2020. Формат 60x90 1/16. Печ. л. 1,25.
Тираж 30 экз. Заказ № .

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.