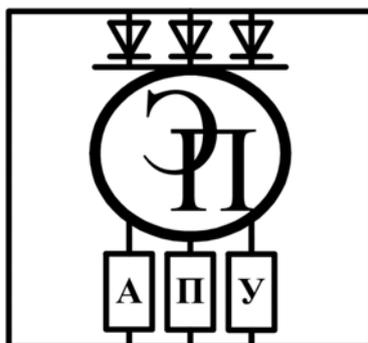


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для магистров специальности
1-43 80 01 «Электроэнергетика и электротехника»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 621.311
ББК 31.27
П27

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и АПУ» «20» ноября 2020 г.,
протокол № 4

Составитель ст. преподаватель И. С. Стасенко

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

В методических рекомендациях приводятся основные методы расчёта
элементов системы электроснабжения.

Учебно-методическое издание

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Ответственный за выпуск	Г. С. Ленеvский
Корректор	А. А. Подошеvко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 31 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2020

Содержание

1 Практическое занятие № 1. Энергетическая карта Республики Беларусь.....	4
2 Практическое занятие № 2. Экономические решения применения альтернативных видов энергии.....	7
3 Практическое занятие № 3. Экономические решения применения топлива для энергосистем.....	8
4 Практическое занятие № 4. Расчёт параметров электрической сети.....	11
5 Практическое занятие № 5. Расчет оптимального состояния разомкнутой электрической сети.....	13
6 Практическое занятие № 6. Воздушные линии электропередачи с изолированными проводами.....	15
7 Практическое занятие № 7. Системы автоматизации систем электроснабжения.....	17
Список литературы.....	19
Приложение А.....	20

1 Практическое занятие № 1. Энергетическая карта Республики Беларусь

Цель работы: оценка распределения электрической сети для промышленного предприятия с учётом переменной загрузки предприятия, а также сменности работы; определение оптимального расположения элементов электроснабжения на основе картограммы нагрузок предприятия.

Задание 1

Определить:

- 1) полную мощность предприятия, указанного на рисунке 1.1, по методу коэффициента спроса;
- 2) центр электрических нагрузок для реактивной мощности;
- 3) оптимальное положение элементов системы электроснабжения, нанести на план схему электрической сети.

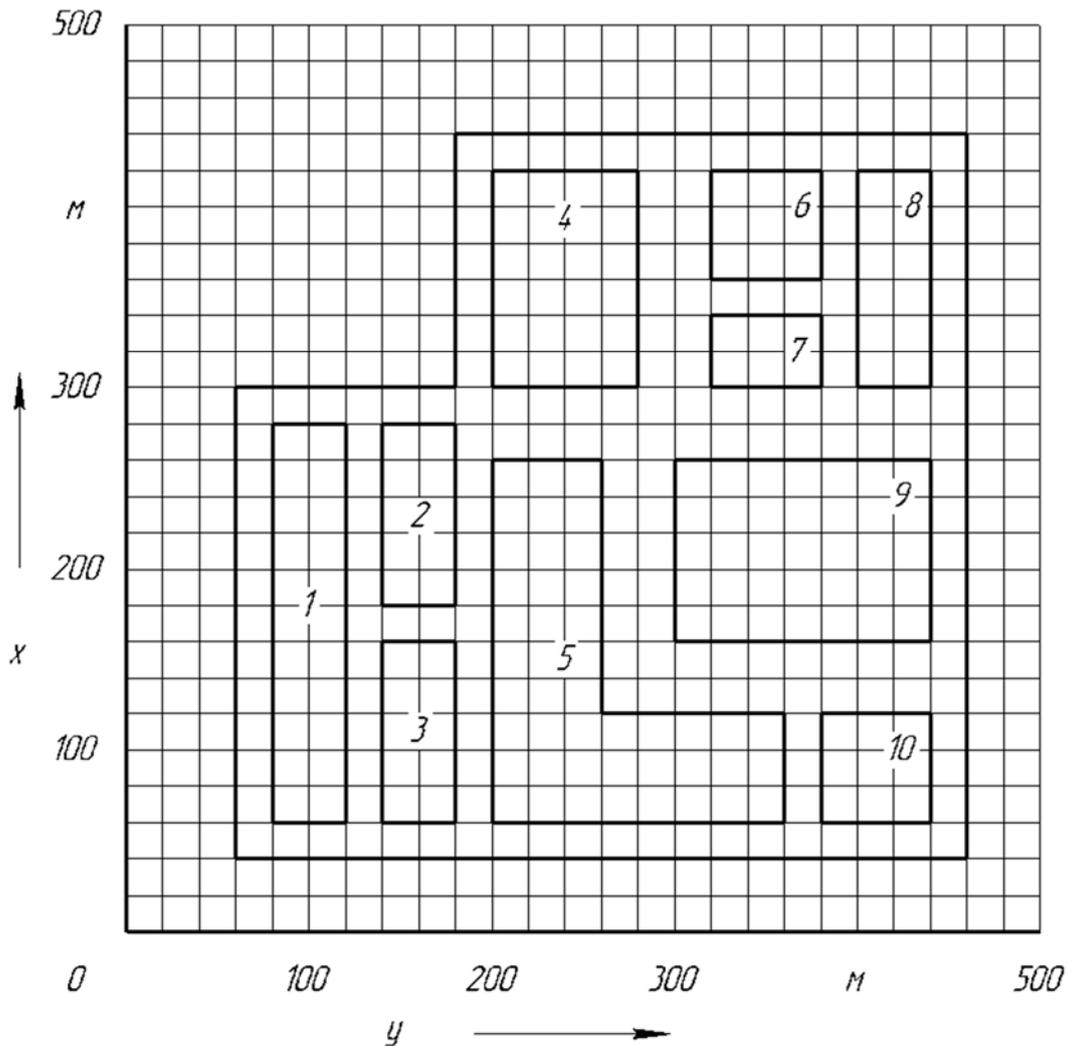


Рисунок 1.1 – Схема предприятия

Параметры цехов предприятия представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Параметры цехов предприятия

Наименование цеха	$P_{уст}$, кВт
Ремонтно-механический	150
Кузнечно-прессовый	89
Электросварка	95
Главный корпус	12
Кузнечный	142
Изоляционный	65
Лаковарочный	98
Котельная	15
Гараж	15
Столовая	10

Задание 2

Определить:

- 1) полную мощность предприятия, указанного на рисунке 1.2, по методу упорядоченных диаграмм;
- 2) центр электрических нагрузок для активной мощности;
- 3) оптимальное положение элементов системы электроснабжения, нанести на план схему электрической сети.

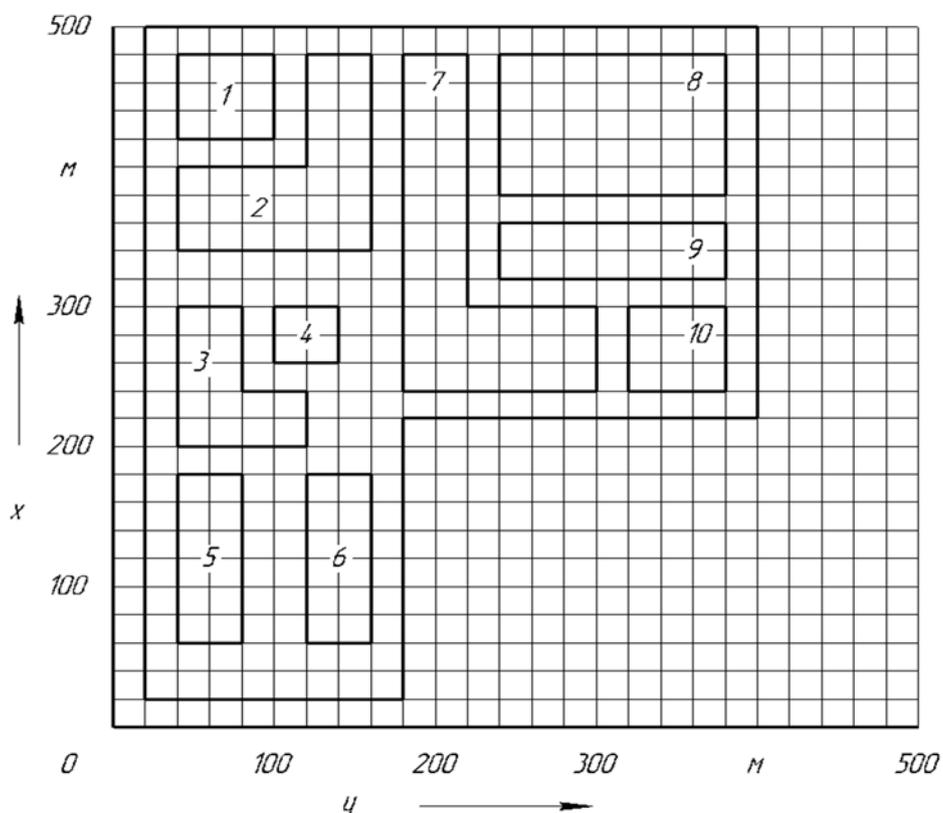


Рисунок 1.2 – Схема предприятия

Параметры цехов предприятия представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Параметры цехов предприятия

Наименование цеха	<i>P_{уст}</i> , кВт
Литейный	350
Штамповочный	120
Металлоконструкций	25
Главный корпус	45
Механосборочный	69
Моторный	116
Лаковарочный	57
Котельная	7
Гараж	25
Столовая	10

Рекомендуемые энергетические коэффициенты для цехов представлены в таблице А.1.

2 Практическое занятие № 2. Экономические решения применения альтернативных видов энергии

Цель работы: ознакомиться с основными подходами расчёта целесообразности применения альтернативной энергии на примере ветряной фермы.

Файл данных HourlyLoadAndPowerOneYearGW.csv содержит среднюю почасовую электрическую нагрузку (в гигаваттах) в зоне управления коммунальными услугами и ветровую энергию, которая, как ожидается, будет генерироваться планируемыми ветропарками.

Задание

1 Определить общий GWh, среднее, максимальное, минимальное и стандартное отклонения графика нагрузки и генерируемой ветровой энергии. Построить график кривой продолжительности нагрузки энергосистемы с существующей нагрузкой (до установки ветроустановок).

2 Определить общий GWh, среднее, максимальное, минимальное и стандартное отклонения чистой нагрузки после установки ветряных электростанций. Построить график продолжительности чистой нагрузки коммунальных услуг после установки ветряных установок.

3 Насколько уменьшится средняя электрическая нагрузка с установкой ветроэнергетики? Насколько увеличится стандартное отклонение нагрузки для операторов сети (чистая нагрузка) при включении ветропарка? Насколько изменится пиковая полезная нагрузка?

3 Практическое занятие № 3. Экономические решения применения топлива для энергосистем

Цель работы: ознакомление с основными подходами построения независимых топливных систем электроснабжения с учётом возможного применения альтернативной энергетики; составление циклограмм работы подобных независимых систем электроснабжения.

Задание 1

Изолированная энергосистема, обслуживающая фермерское хозяйство, использует дизель-генератор мощностью 100 кВт. Хозяйство планирует добавить 60 кВт ветровой энергии. Ежечасно средняя нагрузка и мощность ветряной турбины за 24-часовой период подробно описаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Диаграмма нагрузок энергосистемы

Время, ч	Мощность нагрузки, кВт	Мощность ветра, кВт	Время, ч	Мощность нагрузки, кВт	Мощность ветра, кВт
0	25	30	12	85	45
1	20	30	13	95	45
2	15	40	14	95	50
3	14	30	15	90	55
4	16	20	16	80	60
5	20	10	17	72	60
6	30	5	18	60	48
7	40	5	19	74	50
8	50	15	20	76	55
9	70	20	21	60	60
10	80	25	22	46	60
11	90	40	23	35	55

Дизель-генератор потребляет 3 л топлива в час без нагрузки с дополнительным расходом. Расход топлива 1/4 л/(кВт·ч).

На рассматриваемый день, используя правила проектирования гибридных систем, определить:

- 1) максимальный объем возобновляемой энергии, который возможно использовать в идеальной системе;
- 2) максимальный вклад возобновляемых источников энергии без хранения и максимум с хранением;
- 3) максимальную экономию топлива, которая может быть достигнута;
- 4) минимальное использование дизельного топлива, которое может быть

достигнуто при разумном использовании накопителей и регулированием потребляемой мощности.

Задание 2

На основе анализа задания 1 и других исходных данных фермерское хозяйство модернизировало свою энергосистему. Гибридная система питания включает:

- дизель-генератор мощностью 100 кВт;
- мощность установленной нагрузки 100 кВт;
- мощность ветровой энергии 60 кВт;
- мощность самосвальной нагрузки 100 кВт;
- емкость накопителей 100 кВт·ч.

Среднечасовая мощность нагрузки и ветра за 24-часовой период остались прежними и указаны в таблице 3.1.

Предположим, что среднечасовые данные точно описывают мощность нагрузки и ветра, и что колебания средней нагрузки обрабатываются накопителем энергии. Определить ежечасные потоки энергии в системе для последующего контроля и эксплуатации системы.

Подходы:

1) система, работающая только на дизельном топливе. В этой базовой системе дизель обеспечивает всю мощность нагрузки. Дизель обеспечивает мощность до 0 кВт без обеспечения минимальной дизельной нагрузки;

2) минимальное количество дизельного топлива. В этой системе минимизация дизельной мощности имеет приоритет, за исключением того, что дизельный двигатель нельзя отключать, и он должен работать с минимальной мощностью 30 кВт.

Таким образом, система работает по правилам:

- минимальная мощность дизеля 30 кВт;
- используется только минимальная необходимая мощность дизеля выше 30 кВт (мощность выше 30 кВт используется для заполнения накопителя);
- накопитель можно использовать в диапазоне от 20 до 95 кВт·ч, чтобы максимально увеличить эффективность и время автономной работы;
- начальный запас энергии накопителя 50 кВт·ч;
- сумма энергии в источниках питания в системе «дизель – ветер – аккумулятор» должна быть равна сумме энергии, потребляемой потребителями энергии в системе «нагрузка – сброс нагрузки – аккумулятор»;
- если в системе имеется избыточная энергия, она сначала сохраняется, если возможно, и сбрасывается, только если необходимо;

3) дизель можно отключить при помощи реактивной мощности системы инвертор между батареями и сетью. Он отключается, когда это возможно, но когда работает, должен иметь минимальную нагрузку 30 кВт. Во время работы он также используется для заполнения хранилища для наиболее эффективного использования топлива. Уровень заряда батареи накопителя поддерживается между 20 и 90 кВт·ч.

Таким образом, система работает по правилам:

- дизель можно отключить;
- при работающем дизеле минимальная мощность дизеля составляет 30 кВт;
- когда потребляется дизельное топливо, хранилище должно заполняться, если это возможно;
- хранение можно использовать в диапазоне от 20 до 90 кВт·ч;
- стартовая емкость накопителя 50 кВт·ч;
- сумма энергии в источниках питания в системе «дизель – ветер – аккумулятор» должна быть равна сумме энергии, потребляемой потребителями энергии в системе «нагрузка – сброс нагрузки – аккумулятор»;
- если в системе имеется избыточная энергия, она сначала сохраняется, если это возможно, и сбрасывается только в противном случае.

Для каждого рабочего подхода определить, сколько энергии вырабатывает дизельное топливо в течение 24-часового периода. Выполнить сравнение потребления мощности дизельного двигателя по сравнению со случаем, когда используется только дизельное топливо.

4 Практическое занятие № 4. Расчёт параметров электрической сети

Цель работы: построение схемы замещения для сети электроснабжения; определение параметров схемы замещения в именованных и относительных единицах.

Задание 1

Построить схему замещения для электрической сети, изображённой на рисунке 4.1. Расчёт производить в именованных единицах. Параметры элементов схемы:

- системы $E1, E2$: $S_{ном} = 4000 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $X_{c(ном)} = 1,1$;
- линии $R1, R2$: $l = 120 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,43 \text{ Ом/км}$;
- линии $R3$: $l = 10 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,63 \text{ Ом/км}$; $R_{ног} = 0,33 \text{ Ом/км}$;
- трансформаторов $TV1$ и $TV2$: $S_{ном} = 125 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_{к} = 11 \%$; $n_m = 254/10,5 \text{ кВ}$; $\Delta P_{к} = 315 \text{ кВт}$;
- трансформаторов $TV3$: $S_{ном} = 0,15 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_{к} = 10,5 \%$; $n_m = 10/0,44 \text{ кВ}$; $\Delta P_{к} = 5 \text{ кВт}$;
- реактора $L1$: $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 200 \text{ А}$; $X_{LR} = 4 \%$; $\Delta P = 1,8 \text{ кВт}$.

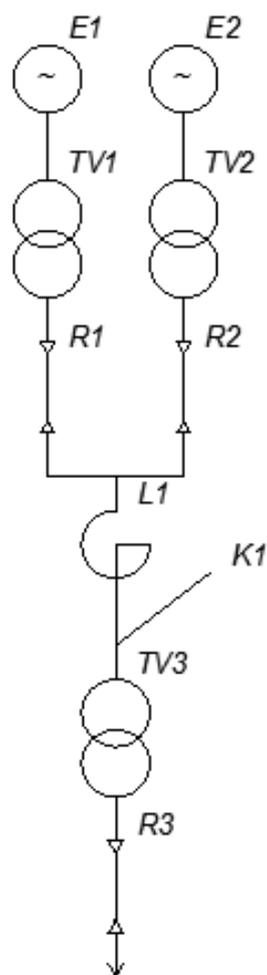


Рисунок 4.1 – Схема электрическая системы электроснабжения

Задание 2

Построить схему замещения для электрической сети, изображённой на рисунке 4.2. Расчёт производить в относительных единицах. Параметры элементов схемы:

– системы $E1$: $S_{ном} = 4000 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $X_{c(ном)} = 1,1$;

– линии $R1, R2$: $l = 120 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,43 \text{ Ом/км}$;

– линии $R3$: $l = 10 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,63 \text{ Ом/км}$; $R_{ног} = 0,33 \text{ Ом/км}$;

– трансформаторов $TV1$: $S_{ном} = 125 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_k = 11 \%$; $n_m = 254/10,5 \text{ кВ}$;
 $\Delta P_k = 315 \text{ кВт}$;

– трансформаторов $TV3$: $S_{ном} = 0,15 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_k = 10,5 \%$; $n_m = 10/0,44 \text{ кВ}$;
 $\Delta P_k = 5 \text{ кВт}$.

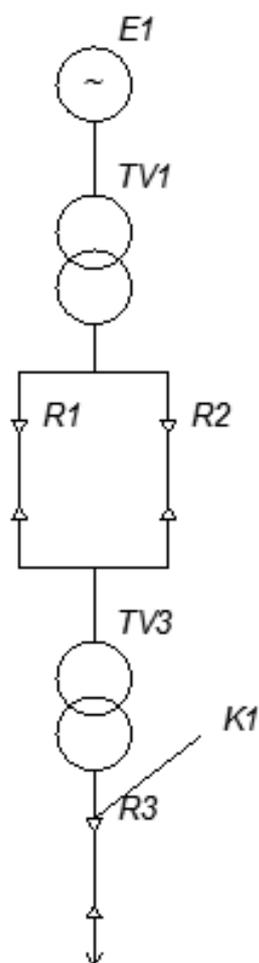


Рисунок 4.2 – Схема электрическая системы электроснабжения

5 Практическое занятие № 5. Расчет оптимального состояния разомкнутой электрической сети

Цель работы: определение трёхфазных токов короткого замыкания для систем электроснабжения, а также параметров защитной аппаратуры для заданных режимов работы.

Задание 1

1 Определить ток короткого замыкания в точке $K1$ для схемы, изображённой на рисунке 5.1.

2 Определить параметры рекомендуемой защитной аппаратуры.

Параметры элементов схемы:

– системы $E1, E2$: $S_{ном} = 4000 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $X_{с(ном)} = 1,1$;

– линии $R1$: $l = 120 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,43 \text{ Ом/км}$;

– линии $R2$: $l = 10 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,53 \text{ Ом/км}$;

– линии $R3$: $l = 5 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,63 \text{ Ом/км}$; $R_{ног} = 0,33 \text{ Ом/км}$;

– трансформаторов $TV1$: $S_{ном} = 125 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_{к} = 11 \%$; $n_m = 254/10,5 \text{ кВ}$;

$\Delta P_{к} = 315 \text{ кВт}$;

– трансформаторов $TV2$: $S_{ном} = 0,15 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_{к} = 10,5 \%$; $n_m = 10/0,44 \text{ кВ}$;

$\Delta P_{к} = 5 \text{ кВт}$.

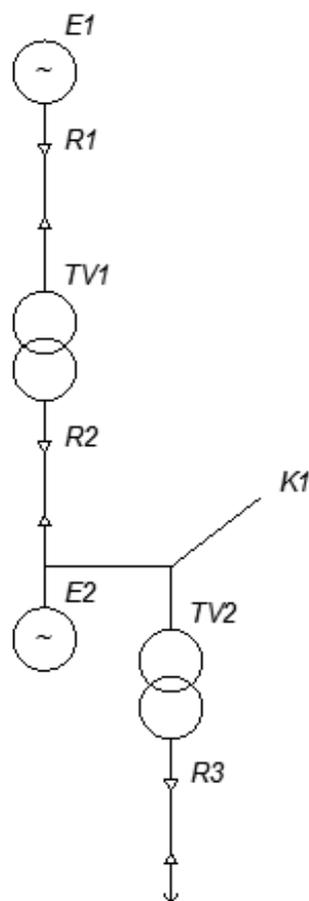


Рисунок 5.1 – Схема электрическая системы электроснабжения

Задание 2

1 Определить ток короткого замыкания в относительных единицах в точке $K1$ для схемы, изображённой на рисунке 5.2.

2 Определить параметры рекомендуемой защитной аппаратуры.

Параметры элементов схемы:

– системы $E1, E2$: $S_{ном} = 4000 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $X_{с(ном)} = 1,1$;

– линии $R1, R2$: $l = 120 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,43 \text{ Ом/км}$;

– линии $R3$: $l = 20 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,53 \text{ Ом/км}$;

– линии $R5, R4$: $l = 10 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,63 \text{ Ом/км}$; $R_{ног} = 0,33 \text{ Ом/км}$;

– трансформаторов $TV1, TV2$: $S_{ном} = 125 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_{к} = 11 \%$; $n_{m} = 254/10,5 \text{ кВ}$;

$\Delta P_{к} = 315 \text{ кВт}$;

– трансформаторов $TV3, TV4$: $S_{ном} = 0,15 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_{к} = 10,5 \%$; $n_{m} = 10/0,44 \text{ кВ}$;

$\Delta P_{к} = 5 \text{ кВт}$.

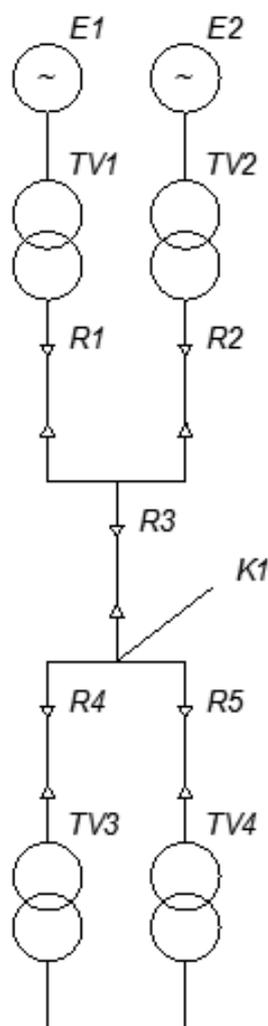


Рисунок 5.2 – Схема электрическая системы электроснабжения

6 Практическое занятие № 6. Воздушные линии электропередачи с изолированными проводами

Цель работы: определение однофазных токов короткого замыкания для систем электроснабжения, а также параметров защитной аппаратуры для заданных режимов работы.

Задание 1

1 Определить ток короткого замыкания в точке $K1$ для схемы, изображённой на рисунке 6.1.

2 Определить параметры рекомендуемой защитной аппаратуры.

3 Сравнить полученные результаты с заданием 1 из практического занятия № 5.

Параметры элементов схемы:

– системы $E1, E2$: $S_{ном} = 4000 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $X_{с(ном)} = 1,1$;

– линии $R1$: $l = 120 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,43 \text{ Ом/км}$;

– линии $R2$: $l = 10 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,53 \text{ Ом/км}$;

– линии $R3$: $l = 5 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,63 \text{ Ом/км}$; $R_{ног} = 0,33 \text{ Ом/км}$;

– трансформаторов $TV1$: $S_{ном} = 125 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_k = 11 \%$; $n_m = 254/10,5 \text{ кВ}$;

$\Delta P_k = 315 \text{ кВт}$;

– трансформаторов $TV2$: $S_{ном} = 0,15 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_k = 10,5 \%$; $n_m = 10/0,44 \text{ кВ}$;

$\Delta P_k = 5 \text{ кВт}$.

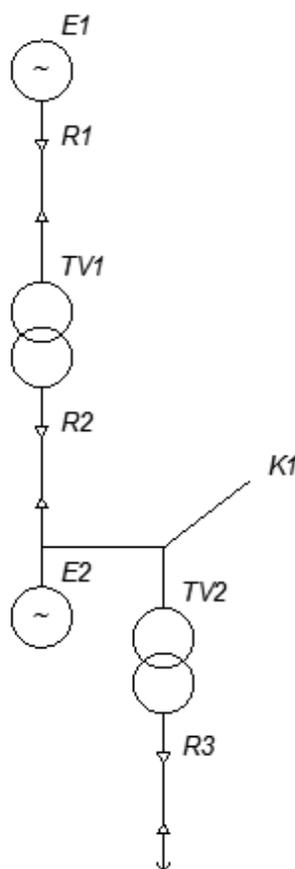


Рисунок 6.1 – Схема электрическая системы электроснабжения

Задание 2

1 Определить ток короткого замыкания в относительных единицах в точке $K1$ для схемы, изображённой на рисунке 6.2.

2 Определить параметры рекомендуемой защитной аппаратуры.

3 Сравнить полученные результаты с заданием 2 из практического занятия № 5.

Параметры элементов схемы:

– системы $E1, E2$: $S_{ном} = 4000 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $X_{c(ном)} = 1,1$;

– линии $R1, R2$: $l = 120 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,43 \text{ Ом/км}$;

– линии $R3$: $l = 20 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,53 \text{ Ом/км}$;

– линии $R5, R4$: $l = 10 \text{ км}$; $X_{ног} = 0,63 \text{ Ом/км}$; $R_{ног} = 0,33 \text{ Ом/км}$;

– трансформаторов $TV1, TV2$: $S_{ном} = 125 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_k = 11 \%$; $n_m = 254/10,5 \text{ кВ}$;

$\Delta P_k = 315 \text{ кВт}$;

– трансформаторов $TV3, TV4$: $S_{ном} = 0,15 \text{ МВ}\cdot\text{А}$; $u_k = 10,5 \%$; $n_m = 10/0,44 \text{ кВ}$;

$\Delta P_k = 5 \text{ кВт}$.

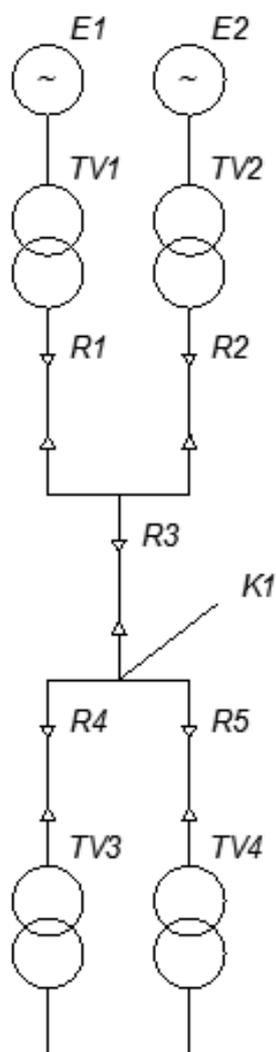


Рисунок 6.2 – Схема электрическая системы электроснабжения

7 Практическое занятие № 7. Системы автоматизации систем электроснабжения

Цель работы: определение надёжности систем электроснабжения; оценка влияния на надёжность работы системы электроснабжения резервирующих линий.

Задание 1

1 Определить надёжность системы электроснабжения, изображённой на рисунке 7.1, предполагая, что вероятность безотказной работы каждого элемента системы электроснабжения составляет 95 %.

2 Определить надёжность работы системы электроснабжения, если выполняется резервирование для трансформатора $TV3$.

3 Определить надёжность работы системы электроснабжения, если выполняется резервирование для дросселя $L1$.

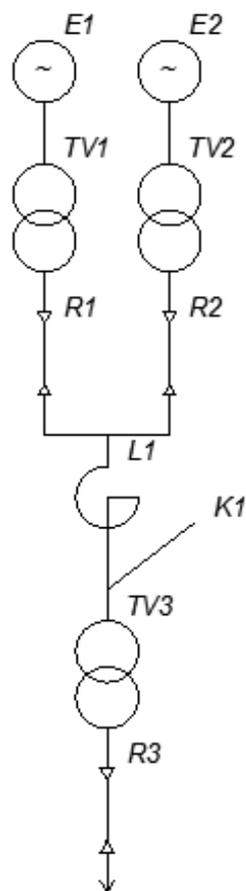


Рисунок 7.1 – Схема электрическая системы электроснабжения

Задание 2

1 Определить надёжность системы электроснабжения, изображённой на рисунке 7.2, предполагая, что вероятность безотказной работы каждого элемента системы электроснабжения составляет 95 %.

2 Определить надёжность работы системы электроснабжения, если выполняется резервирование для трансформатора $TV1$.

3 Определить надёжность работы системы электроснабжения, если выполняется резервирование для трансформатора $TV3$.

4 Сделать выводы о применении резервирующих линий.

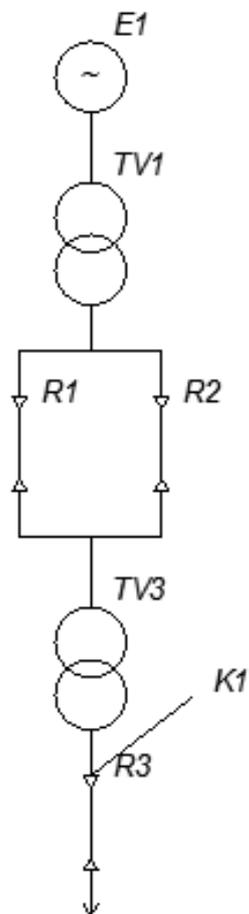


Рисунок 7.2 – Схема электрическая системы электроснабжения

Список литературы

1 **Поляков, А. Е.** Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учебное пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2015. – 224 с.

2 **Федоров, О. В.** Стратегии инновационной деятельности: учебник / О. В. Федоров. – Москва: ИНФРА-М, 2012. – 275 с.

Приложение А (обязательное)

Таблица А.1 – Рекомендуемые расчётные энергетические коэффициенты по задачам первого типа

Механизм и аппарат	K_u	$\cos\varphi$	K_c
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, расточные)	0,12...0,14	0,5	0,14...0,16
Металлорежущие станки крупносерийного производства с нормальным режимом работы (крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки)	0,16	0,6	0,2
Металлорежущие станки крупносерийного производства при тяжелом режиме работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки)	0,17...0,2	0,65	0,34...0,4
Поточные линии, станки с ЧПУ	0,6	0,7	0,62
Переносной электроинструмент	0,06	0,65	0,1
Вентиляторы, эксгаустеры, санитарно-техническая вентиляция	0,6...0,8	0,8...0,85	0,7...0,8
Насосы, компрессоры, дизель-генераторы и двигатель-генераторы	0,7...0,8	0,8...0,85	0,75
Краны, тельферы, кран-балки при ПВ = 25 %	0,06	0,5	0,1
Краны, тельферы, кран-балки при ПВ = 40 %	0,1	0,5	0,15
Транспортеры	0,5...0,6	0,7...0,8	0,56...0,61
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,25...0,3	0,35...0,4	0,28...0,32
Приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2...0,24	0,65	0,23...0,26
Элеваторы, шнеки, несбалансированные конвейеры мощностью до 10 кВт	0,4...0,5	0,6...0,7	0,48...0,51
Элеваторы, шнеки, заблокированные и несбалансированные конвейеры мощностью выше 10 кВт	0,55...0,75	0,7...0,8	0,59...0,72
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6	0,32
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7	0,55
Сварочные машины шовные	0,2...0,5	0,7	0,22...0,54
Сварочные машины стыковые и точечные	0,2...0,25	0,6	0,22...0,27
Сварочные дуговые автоматы	0,35	0,5	0,38
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75...0,8	0,95	0,86
Печи сопротивления с автоматической загрузкой, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75...0,8	0,95	0,84

Окончание таблицы А.1

Механизм и аппарат	K_u	$\cos\varphi$	K_c
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий	0,5	0,95	0,5
Вакуум-насосы	0,95	0,85	0,95
Вентиляторы высокого давления	0,75	0,85	0,8
Вентиляторы к дробилкам	0,4...0,5	0,7...0,75	0,45...0,51
Газодувки (аглоэкструдеры) при синхронных двигателях	0,6	0,8...0,9	0,62
Газодувки (аглоэкструдеры) при асинхронных двигателях	0,8	0,8	0,8
Молотковые дробилки	0,8	0,85	0,8
Шаровые мельницы	0,8	0,8	0,8
Грохоты	0,5...0,6	0,6...0,7	0,6
Смесительные барабаны	0,6...0,7	0,8	0,7
Чашевые охладители	0,7	0,85	0,7
Сушильные барабаны и сепараторы	0,6	0,7	0,6
Электрофильтры	0,4	0,87	0,4
Вакуум-фильтры	0,3	0,4	0,3
Вагоноопрокидыватели	0,6	0,5	0,6
Грейферные краны	0,2	0,6	0,2
Лампы накаливания	0,85	1	0,85
Люминесцентные лампы	0,85...0,9	0,95	0,9