

Электроснабжение сельского хозяйства

Методические указания по выполнению
лабораторных работ на стенде НТЦ 10.00.000
«Электроснабжение сельского хозяйства»
Для студентов очной и заочной форм обучения,
специальности 110800 Агроинженерия,
профиль – электрооборудование и электротехнология

БРЯНСК 2012

УДК621.311(07)
ББК 31.279.1
М.19

Маловастая, Е.Ф. Электроснабжение сельского хозяйства: Методические указания по выполнению лабораторных работ на стенде НТЦ 10.00.000 «Электроснабжение сельского хозяйства»/ Е.Ф. Маловастая. – Брянск: Издательство БГСХА, 2011. – 43 с.

Методические указания содержат краткое описание характеристик, устройства и принципов работы стенда НТЦ 10.00.000 «Электроснабжение сельского хозяйства», указания к лабораторным работам. Они позволяют студентам специальности 110800 Агроинженерия, профиль – электрооборудование и электротехнология выполнять лабораторные работы на данном стенде при изучении курсов «Электроснабжение сельского хозяйства».

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии факультета энергетики и природообустройства от 8. февраля 2012г., протокол № 12.

Рецензент: доцент кафедры «Автоматизированный электропривод» Брянского ГТУ Башлыков В.А.

© Брянская ГСХА, 2012
© НТЦ «Центр», 2012

Содержание

1. Назначение, характеристики, особенности работы стенда.....	4
2. . Выполнение лабораторных работ	5
Лабораторная работа 1.	
Построение графиков нагрузки электроустановок.....	5
Лабораторная работа 2.	
Исследование потерь активной мощности электрической сети путем измере ний фазного напряжения и тока.....	12
Лабораторная работа 3.	
Исследование влияния несимметрии токов на потери активной мощности...	19
Лабораторная работа 4.	
Исследование режимов работы линии с 2-х сторонним питанием.....	27
Лабораторная работа 5.	
Регулирование напряжения в электрических сетях при помощи продольной емкостной компенсации.....	32
Лабораторная работа 6.	
Регулирование напряжения в электрических сетях при помощи поперечной емкостной компенсации.....	36
Литература.....	42

1. Назначение, характеристики

1.1 Назначение стенда

Лабораторный стенд (далее изделие) предназначен для использования в качестве учебного оборудования в высших и средних специальных учебных заведениях при проведении лабораторно-практических занятий. Изделие предназначено для эксплуатации в закрытых отапливаемых помещениях при температуре окружающего воздуха от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$, относительной влажности воздуха 80% при температуре 25°C .

Таблица 1 - Список работ, выполняемых на стенде

№ работы	Наименование лабораторной работы
1.	Построение графиков нагрузки электроустановок.
2.	Исследование потерь активной мощности электрической сети путем измерений фазного напряжения и тока
3.	Исследование влияния несимметрии токов на потери активной мощности
4.	Регулирование напряжения в электрических сетях при помощи продольной емкостной компенсации.
5.	Регулирование напряжения в электрических сетях при помощи поперечной емкостной компенсации.
6.	Исследование режимов работы линии с 2-х сторонним питанием
7.	Исследование режима напряжения радиальной сети и выбор надбавок у трансформаторов
8.	Регулирование напряжения в электрической сети при помощи вольтодобавочного трансформатора
9.	Оценка показателей качества напряжения у потребителей

1.2 Технические характеристики

Напряжение питания стенда – трехфазная сеть переменного тока линейным напряжением 220В, 50 Гц.

Габаритные размеры в миллиметрах (ширина- высота-глубина): 1350 - 1460 - 600. Масса изделия не более 70кг. Изделие должно обеспечивать многократное проведение лабораторных работ, перечень которых приведен в таблице 1.1. Изделие допускает продолжительность непрерывной работы 8 часов.

1.3 Устройство и принцип работы

Корпус состоит из стола и жестко соединенной с ним столшной приставки с лицевой панелью, на которой изображены принципиальная схема и установлена коммутационная и исследуемая аппаратура.

Принципиальная электрическая схема, на лицевой панели, для удобства выполнения работ, разделена на функциональные блоки.

На лицевой панели расположены:

- Амперметр А1-А9
- Вольтметры V1- V 2
- Измеритель рассогласования ϕ 1
- Секундомер
- Рукоятки переключателей
- Сигнальная арматура
- Тумблер SA1 для включения стенда
- Предохранители.

Пределы измерения приборов указаны на панели.

С помощью индикаторов HL1-HL3 производится контроль подачи на стенд трехфазного напряжения по фазам А, В, С после включения тумбле-

ра SA1.

1.4 Включение стенда

Перед включением стенда необходимо убедиться, что все тумблеры, управляющие включением преобразователей, находятся в положении «*выключено*». Питание плат стенда осуществляется от трансформатора. Поэтому при включении уже двух (из трех) автоматических выключателей стенд может включиться.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1

Построение графиков нагрузки электроустановок

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Приобретение навыков по определению расчетных значений величин, отражающих график нагрузки.

1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Режим работы потребителей электроэнергии не остается постоянным, а меняется в различные часы суток, дни недели и месяцы года. Соответственно меняется нагрузка всех звеньев в цепи передачи электроэнергии от генераторов электростанций до потребителей. Изменение нагрузок удобно изображать в виде графиков в осях координат, откладывая по оси абсцисс — время, в течение которого рассматривается изменение нагрузки, а по оси ординат - нагрузки.

Различают графики активных и реактивных нагрузок. В первом случае по оси ординат откладывается активная нагрузка P , во втором — реактивная Q . По продолжительности периода t , для которого строится график, различаются суточные и годовые графики нагрузок. По сезонности графики делят-

ся на зимние и летние.

Значения активных нагрузок в различные часы суток в эксплуатации определяют по показаниям измерительных приборов и наносят на график. Полученные точки соединяют прямыми линиями, график имеет вид ломаной, линии.

Для простоты расчетов по графикам, их строят ступенчатой формы. При этом считается, что между двумя замерами нагрузка не меняется. Наибольшая нагрузка в течение суток называется максимальной P_{\max} . Площадь графика в определенном масштабе соответствует выработанной электроустановкой или потребленной потребителем электроэнергией W . По ней можно определить среднесуточную нагрузку установки

$$P_{cp} = \frac{W}{t}$$

Где W - суточное потребление электроэнергии, равное площади суточного графика, кВт ч;

t — период времени, для которого строится график (для суточного графика $t = 24$ ч.), ч.

Среднесуточная нагрузка используется в расчетах.

Если заменить ступенчатый график прямоугольником с равновеликой площадью, у которого одной стороной является максимальная мощность P_{\max} , а другой — время T_{\max} , то энергия, переданная по линии, будет равна

$$W = \Sigma P_{\max} * T_{\max}$$

Время T_{\max} называется *временем использования максимальной мощности*. Это такое условное время, которое необходимо, чтобы вся годовая энергия была передана по линии при неизменной мощности, равной ее максимальному значению.

$$T_{\max} = \frac{W}{P_{\max}}$$

По графику можно рассчитать коэффициент нагрузки, или коэффициент заполнения графика

$$K_{нагр} = \frac{P_{ср}}{P_{макс}}$$

Для характеристики степени использования установленной мощности трансформаторов на подстанции служит коэффициент использования установленной мощности

$$K_n = \frac{P_{ср}}{P_{уст}}$$

Где $P_{ср}$ — средняя мощность подстанции по суточному графику, кВт;

$P_{уст}$ — установленная мощность трансформаторов подстанции, включая резервные, кВт.

1.2 ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1.Собрать принципиальную электрическую схему модели сети (рисунок 1.1).Подготовить приборы для измерения.

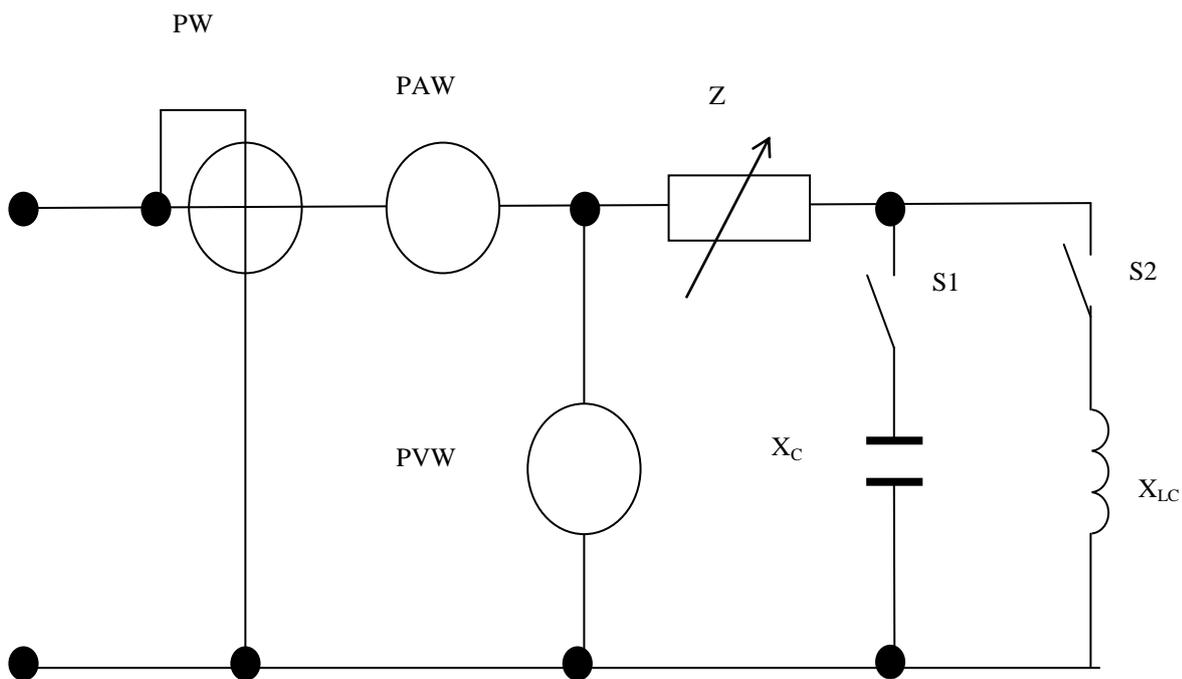


Рисунок 1.1 Принципиальная электрическая схема модели сети

Снять 24 точки, произвольно меняя величину Z и подключая реактивную нагрузку выключателями $S1$, $S2$, считая, что каждая точка отчета соответствует часовой потребителю. Данные измерений занести в таблицу 1.1

Таблица 1.1

Время	Ток I , А	Напряжение U , В	Активная мощность P , кВт
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

23			
24			

Определить расход активной электроэнергии за год.

$$W_z = 365 \sum_{t=1}^{24} P_i t_i$$

где P_i – мощность i -той ступени графика.

Проверить сходимость результата при определении расхода электроэнергии через среднюю нагрузку.

Определить число часов максимума нагрузки по активной мощности.

$$T_m = \frac{W_z}{P_p}$$

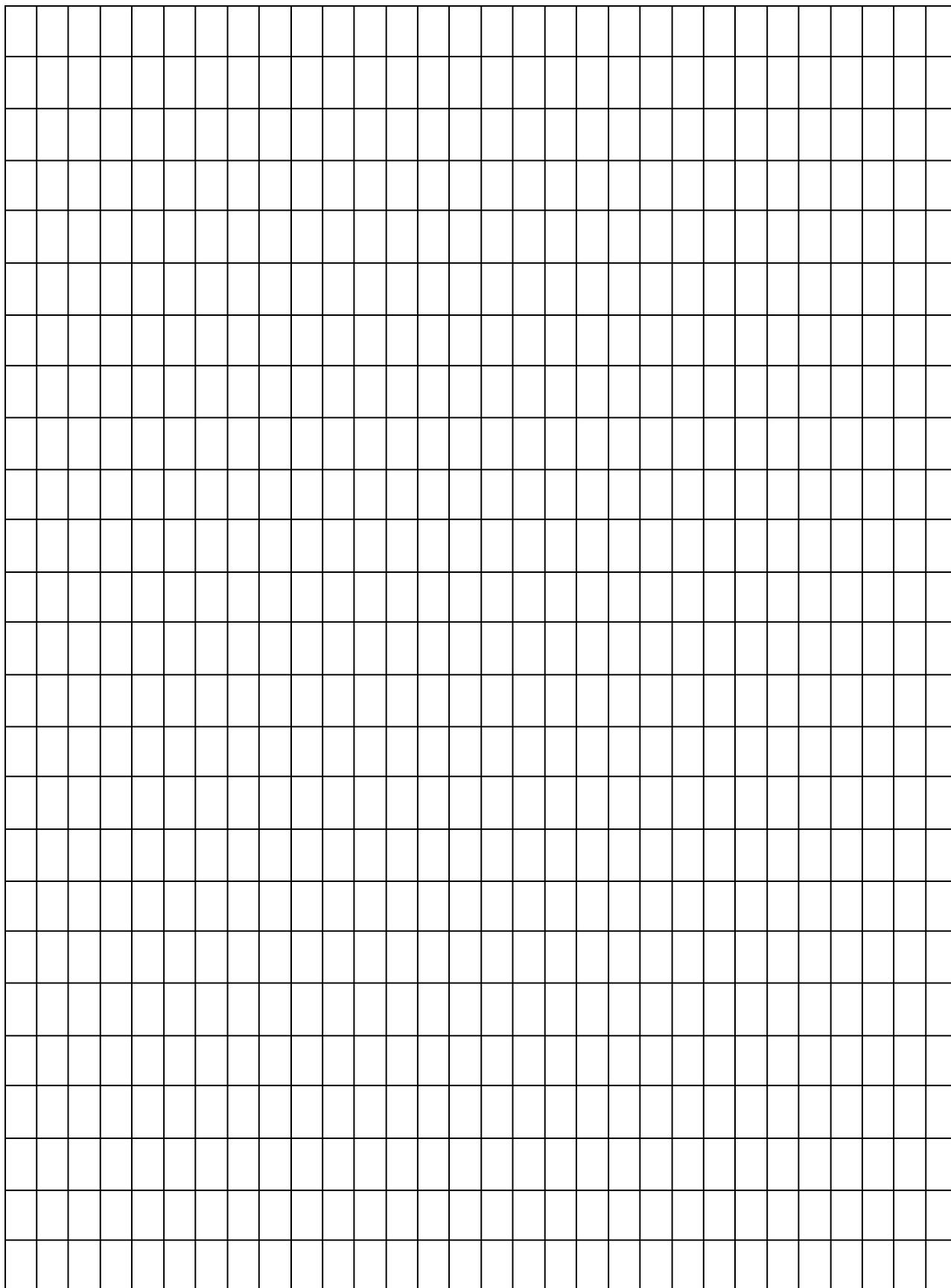
Сопоставить результаты расчетов ΔW через среднюю нагрузку.

$$\Delta W = 365 \cdot I_c^2 \cdot R \cdot 10^{-3}$$

и определить погрешность в вычислениях.

Построить график нагрузки $I=f(t)$, $P=f(t)$ $P=f(T)$ и определить средние и среднеквадратичные нагрузки.

Графики нагрузки $I=f(t)$, $P=f(t)$ $P=f(T)$



ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научиться определять потери активной мощности в электрической сети и её параметры по измерениям фазного напряжения и тока.

2.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При передаче электроэнергии по электрической сети в ней возникают потери активной мощности и энергии. В общем случае величина этих потерь обусловлена:

- нагреванием проводов при прохождении по ним тока;
- утечкой тока через изоляторы линии;
- потерей мощности на корону (для линий электропередачи (ЛЭП) высокого напряжения).

Потери активной мощности в трехфазной ЛЭП определяются по формуле Джоуля-Ленца:

$$\Delta P = 3I^2R$$

где I - полный фазный ток в линии, А;

R - активное сопротивление одной фазы линии, Ом.

При расчете потерь мощности в разветвленной линии для каждого участка линии необходимо определить нагрузку. Нагрузки находятся путем суммирования токов (или мощностей), начиная от конца ЛЭП.

Потери мощности в ЛЭП равны сумме потерь мощности на всех участках линии. В сельских электрических сетях потери мощности за счет токов утечки через изоляцию незначительны, поэтому их не учитывают. Расчет потери активной мощности выполняют по формуле

$$\Delta P = \sum_i^n \left(\frac{S_i}{U_n} \right)^2 \cdot R_i$$

где S_i - полная мощность нагрузки на i -том участке линии, кВА; R_i - активное сопротивление i -того участка линии, Ом; U_n - номинальное напряжение линии, кВ.

Потери электроэнергии в электрической сети при передаче мощности определяют путем умножения потерь активной мощности на время их действия. Так как нагрузка и связанные с ней потери активной мощности с течением времени непрерывно изменяются, то при определении потерь энергии максимальные потери активной мощности следует умножать на время потерь σ . Время потерь находится в зависимости от времени использования максимума нагрузки T и коэффициента мощности - $\cos \varphi$.

Для расчета потерь активной мощности и энергии необходимо знать активное сопротивление питающей сети и нагрузки.

Сопротивление сети при известном материале и диаметре проводов и длине линии может быть определено через удельное активное сопротивление. Однако в эксплуатации сечение проводов линии часто не известно, а учесть все переходные сопротивления от генератора до потребителя вообще не представляется возможным. То же самое можно сказать и об активном сопротивлении нагрузки.

Для определения активного сопротивления электрической сети и нагрузки можно воспользоваться добавочным сопротивлением R_d .

Если использовать чисто активное сопротивление, то после его подключения параллельно нагрузочной ветви, электрическая цепь (рисунок 2.2) станет разветвленной. В общем случае вектор тока I_d , проходящего через активное добавочное сопротивление R_o (рисунок 2.2) совпадет с вектором фазного напряжения U_n как показано на векторной диаграмме рисунка 2.1.

Вектор тока нагрузочной ветви I_H отстает от вектора напряжения на угол φ_H . Вектор тока в фазе линии I_n равен сумме токов I_H и I_d и образует с вектором напряжения угол φ_1 .

При помощи теоремы косинусов угол φ можно определить как:

$$\varphi_H = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - \arccos \frac{I_d^2 + I_H^2 - I_n^2}{2 \cdot I_d^2 \cdot I_H^2}$$

Таким образом, по измерению трех токов: в нагрузке - I ; в ветви с добавочным сопротивлением - I_f ; в фазе линии - I определяется коэффициент мощности $\cos \varphi_H$

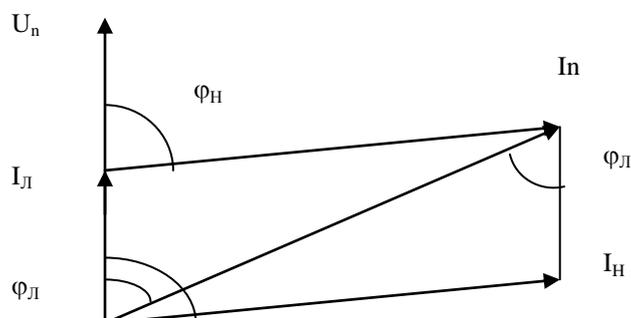


Рисунок 2.1 - Векторная диаграмма токов модели электрической сети

В реальной сети для выполнения таких измерений достаточно будет только электроизмерительных клещей, например, типа Ц4501 или Ц4505. Зная $\cos \varphi_H$, нетрудно определить активное сопротивление нагрузки

$$R_H = \frac{U_{1-2}}{I_H} \cdot \cos \varphi_H$$

где U_{1-2} - напряжение на вводе у потребителя.

Для рисунка 2.2 - это напряжение между узлами 1 и 2. На практике эту величину можно измерить электроизмерительными клещами.

Для определения сопротивления линии используется два режима на модели электрической сети (рисунок 2.2):

- вначале измеряется ток в линии $I_{л1}$, только при включенной нагрузке;
- затем ток $I_{л2}$, потребляемый только добавочным сопротивлением при отключенной нагрузке.

Во время этих опытов измеряется напряжение источника питания – $U_{п1}$ и $U_{п2}$. По результатам измерений составляется следующая система уравнений:

$$\left(\frac{U}{I}\right)^2 = (R + R)^2 + (X + X)^2$$

$$\left(\frac{U}{I}\right)^2 = (R + R)^2 + X^2$$

где $X_H = \frac{U_{1-2}}{I_H} \cdot \sin \varphi_H$ - индуктивное сопротивление нагрузочной ветви.

Система уравнений имеет два неизвестных - активное сопротивление R_L и индуктивное сопротивление линии X_L .

2.2 ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать принципиальную электрическую схему модели сети (рисунок 2.1). Подготовить приборы для измерения тока и напряжения.

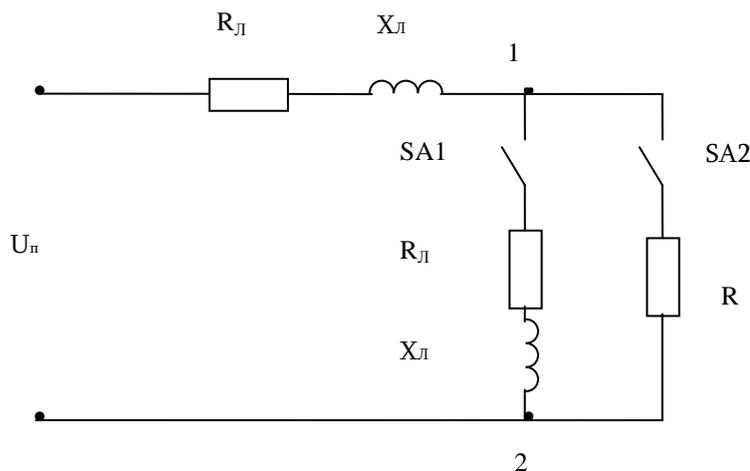


Рисунок 2.2 - Принципиальная электрическая схема модели электрической сети

2. Включив выключатели SA1 и SA2, измерить ток в линии, в нагрузочной ветви и в ветви с добавочным сопротивлением. Одновременно измерить напряжения источника питания и нагрузочной ветви. Результаты измерений записать в таблицу 2.1.
3. По результатам измерений вычислить коэффициент мощности нагрузки и значения активного и индуктивного сопротивлений нагрузочной ветви.
4. Измерить ток в линии при включенных выключателях SA1 и SA2, а за-

тем - тот же ток при отключенном выключателе SA1. Результаты измерений занести в таблицу 2.2.

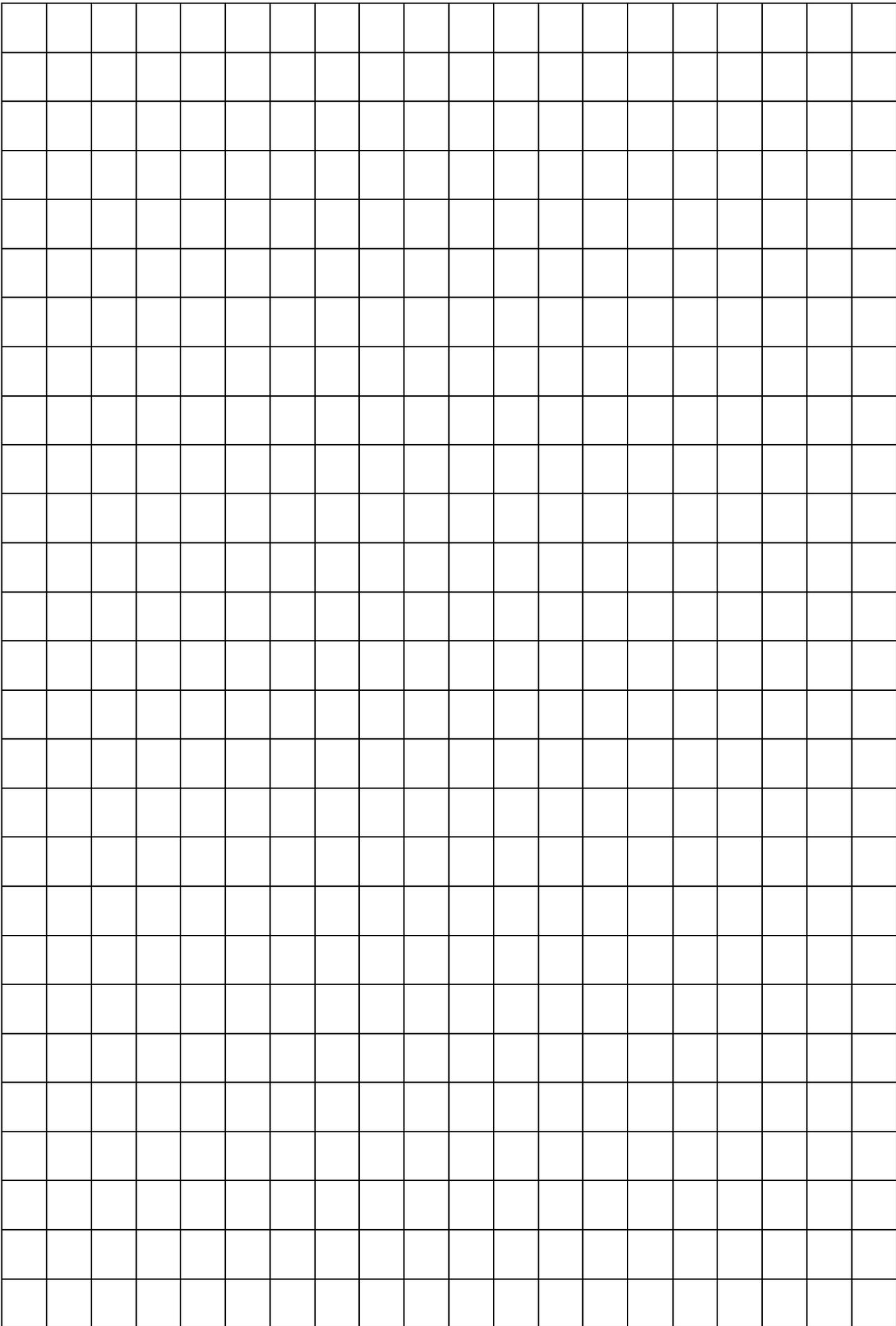
Таблица 2.1 - Результаты измерений при определении параметров нагрузки

U_H	$I_{Л} А$	$I_H А$	$I_D А$	$U_{1-2.В}$

Таблица 2.2 - Результаты измерений для расчета параметров линии электропередачи

Значение тока в линии при включенных выключателях SA1 и SA2 , А	Значение тока в линии I''-. 1> при отключенном SA1, А	$U_{п} В$

5. Поочередно отключая выключатели SA1 и SA2 измерить дважды напряжение источника питания.
6. Рассчитать по результатам измерений активное и индуктивное сопротивление линии.
7. Рассчитать потери активной мощности в линии и потребляемую активную мощность нагрузочной ветви.



Вывод: _____

Работу выполнил _____
Работу принял _____

2.3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как при помощи электроизмерительных клещей и добавочного сопротивления определить коэффициент мощности нагрузки?
2. Как определить активное сопротивление фазы линии электропередачи, если неизвестны ни сечение, ни марка, ни длина провода линии?
3. В чем отличие определения потерь активной мощности в сетях крупных энергосистем и сельских электрических сетях?
4. От чего зависят потери энергии в электрических сетях?
5. Каковы основные пути снижения потерь активной мощности?
6. Как определяется время потерь энергии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Исследование влияния несимметрии токов на потери активной мощности

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить способы определения и расчета потерь электроэнергии в элементах электрической сети, влияние несимметрии нагрузок на величину потерь электроэнергии.

3.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При передаче электроэнергии от электростанции до потребителя часть электроэнергии неизбежно расходуется на нагрев проводников, создание электромагнитных полей, утечку через естественные проводимости изоляции относительно земли и т.п. - это технические потери электроэнергии. В основных элементах электрической сети: трансформаторах и линиях электропередачи потери электроэнергии разделяют на две составляющие: переменные (нагрузочные) потери и постоянные (потери холостого хода). В линиях электропередачи постоянные потери обычно малы по сравнению с переменными и их учитывают только при особо точных расчетах или в сетях высоких напряжений. В силовых трансформаторах составляющая потерь холостого хода обычно существенна и она учитывается всегда. В литературе [1/ встречаются следующие понятия потерь: - отчетная величина потерь электроэнергии - разность между поступившей в систему энергией и реализованной, вычисленной по сумме оплаченных счетов потребителей;

- расчетная или техническая величина потерь электроэнергии, обусловленная расходом на нагрев, создание электромагнитных полей и т.п. и определяемая по известным параметрам режима работы и характеристикам элементов электрической сети;

- коммерческие потери - разность между отчетными и техническими потерями.

Наиболее точный метод расчета потерь основан на построении графиков нагрузки элементов энергосистемы и расчета потерь по этим графикам. Более простой, применяемый на практике метод, основан на использовании понятия время потерь σ . Порядок расчета потерь по этому методу следующий:

1. По известному характеру нагрузки объекта, его расчетной нагрузке или го-

довому потреблению находят время использования максимума нагрузки T .

2. По известным аналитическим зависимостям или графикам $\sigma = f(T)$ находят время потерь σ .

3. По известным расчетным формулам определяют потери электроэнергии в элементах электрической сети:

для расчета потерь электроэнергии на воздушной или кабельной линии:

$$\Delta W = \frac{S_p^2}{U_H^2} \cdot r_0 \cdot L \cdot \sigma$$

для расчета потерь электроэнергии в трансформаторе:

$$\Delta W_T = \Delta P_x \cdot 8760 + \left(\frac{S_p}{S_H} \right)^2 \cdot \Delta P_k \cdot \sigma$$

где S_p - расчетная мощность нагрузки;

U_H - номинальное напряжение сети;

r_0 - удельное активное сопротивление провода или жилы кабеля;

L - длина линии;

ΔP_x , ΔP_k , ΔS_H - номинальные характеристики трансформатора. Соответственно потери холостого хода, короткого замыкания и номинальная мощность: 8760, σ - время работы в году (8760 час) и время потерь соответственно.

Таким образом, производится расчет потерь в большинстве случаев. Однако величина потерь в реальных сетях значительно изменяется при несимметрии нагрузки, несинусоидальности тока нагрузки, изменении частоты.

Наиболее реален учет несимметрии нагрузки, которая может быть достаточно значительной в сельских сетях при совместном подключении к сети однофазной и трехфазной нагрузки. В практике эксплуатации несимметрия токов нагрузки по модулю может быть определена при помощи токоизмерительных клещей, которыми измеряются фазные токи на участке сети I_A, I_B, I_C .

Расчет потерь мощности на участке сети в этом случае производится по формуле:

$$\Delta P_i = k_{\Delta P_i} \cdot k_{U_i} \cdot I_{срi}^2 \cdot r_i$$

где ΔP_i - потери мощности на i -том участке сети;

$k_{\Delta P_i}$ - коэффициент, учитывающий дополнительные потери мощности при несимметрии нагрузки на i -том участке сети;

k_{U_i} - коэффициент, равный количеству фазных проводов на i -том участке сети;

$I_{ср}$ - среднее арифметическое значение фазных токов на i -том участке сети;

r_i - активное сопротивление проводов на i -том участке сети.

Коэффициент, учитывающий дополнительные потери мощности при несимметрии нагрузки $k_{\Delta P_i}$, определяется по формулам:

для четырехпроводной системы:

$$k_{\Delta P} = N^2 \left(1 + 1.5 \frac{r_0}{r_\phi} \right) - 1.5 \frac{r_0}{r_\phi}$$

для трехпроводной системы:

$$k_{\Delta P} = N^2$$

здесь коэффициент N^2 рассчитывается как:

$$N^2 = \frac{1}{3} \left[\left(\frac{I_A}{I_\phi} \right)^2 + \left(\frac{I_B}{I_\phi} \right)^2 + \left(\frac{I_C}{I_\phi} \right)^2 \right]$$

3.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать принципиальную электрическую схему модели сети (рисунок 3.1). Подготовить приборы для измерения тока и напряжения.
2. Создать несимметричную нагрузку в сети и, подключив установку к

источнику питания, произвести измерение величин тока, напряжения и мощности в каждой фазе сети и тока в нулевом проводнике, заполнив таблицу 3.1.

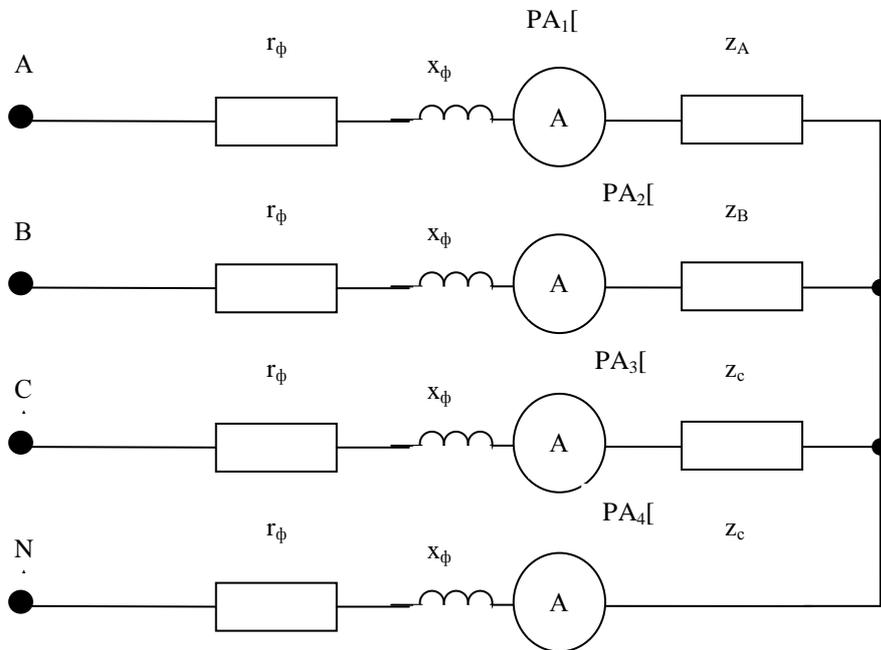
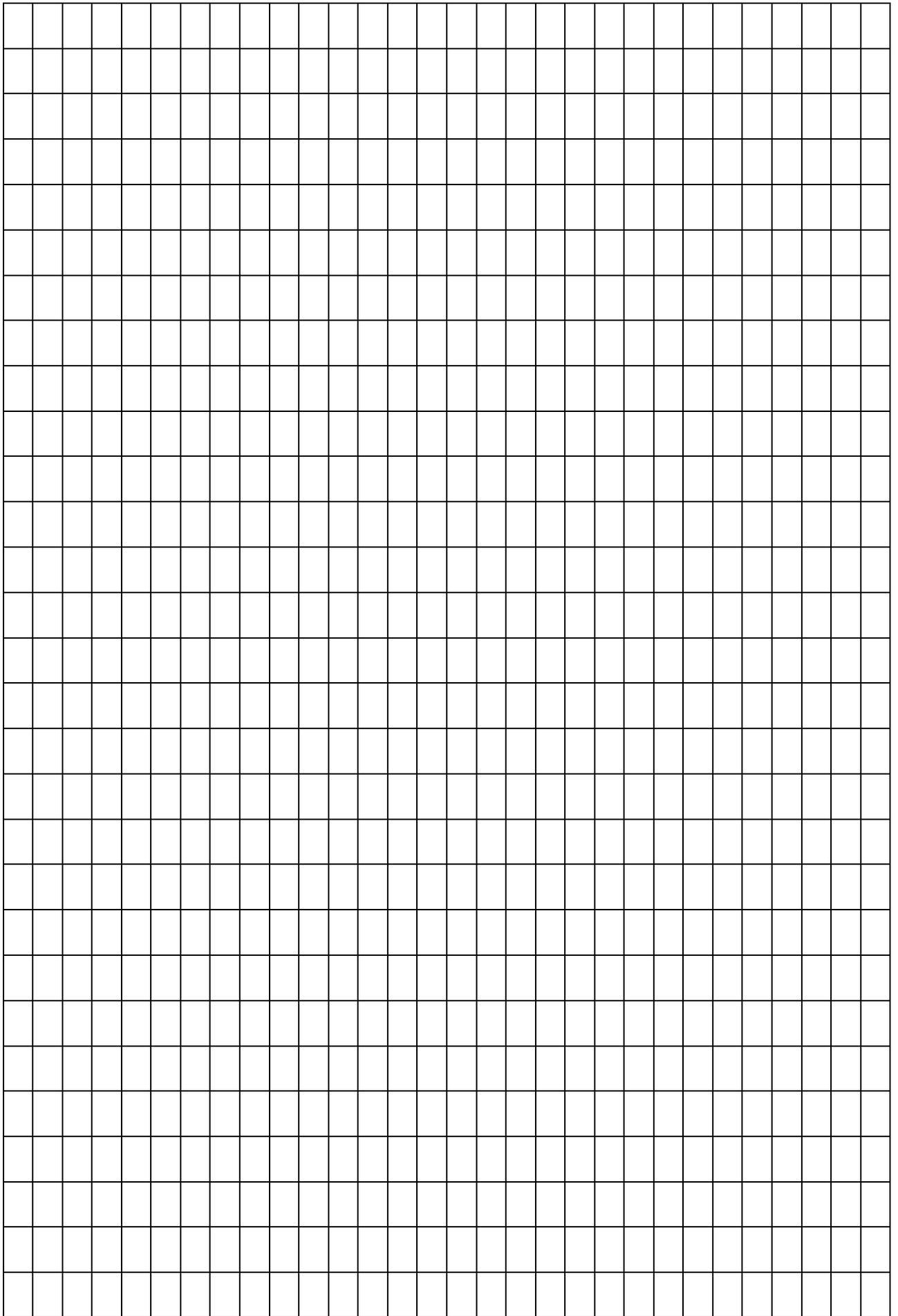


Рисунок 3.1- Схема электрическая принципиальная лабораторной установки

Таблица 3.1- Результаты измерений и расчета потерь мощности

Ре- жим нагр.	Фа за	Измеряемые величины			Расчетные величины			
		ток, А	напря- жение В	мощ- ность, Р Вт	коэфф. мощн.	угол сдвига	потери мощн. Р, Вт	суммарные потери мощности, Вт
Неси- ммет- рич- ная	А							
	В							
	С							
	Н							
Сим-	А							



несимметрии нагрузки?

7. Как рассчитать потери мощности при несимметрии нагрузки?

8. Какие методы снижения потерь электроэнергии Вам известны?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Регулирование напряжения в электрических сетях при помощи поперечной емкостной компенсации

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследовать возможность регулирования напряжения в электрической сети при помощи поперечной емкостной компенсации.

4.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В качестве устройств компенсирующих реактивную мощность нагрузки могут использоваться батареи статических конденсаторов или синхронные компенсаторы.

Значительная часть электроприемников, присоединяемых к электрическим сетям, кроме активной мощности, потребляет также и реактивную. Основными потребителями реактивной мощности являются асинхронные двигатели. Часть реактивной мощности теряется в обмотках трансформаторов, а также в проводах линий электропередачи. Таким образом, наряду с активной мощностью генераторы должны вырабатывать реактивную, передаваемую потребителям по электрическим сетям.

Естественно, что передача реактивной мощности по сети вызывает дополнительные потери.

Для разгрузки сети от реактивной мощности целесообразно эту мощность или ее часть генерировать на месте потребления. Ее источниками могут быть статические конденсаторы или синхронные компенсаторы, устанавливаемые на месте потребления и подключаемые параллельно нагрузке. В

этом случае компенсирующие устройства представляют собой потребители опережающей (емкостной) мощности, или, что тоже самое, источники реактивной мощности, выдаваемой ими в сеть.

Поперечная емкостная компенсация заключается в том, что параллельно нагрузке включают конденсаторы или синхронные компенсаторы, которые компенсируют реактивную мощность потребителей.

Рассмотрим влияние конденсаторной установки (КУ) в узле нагрузки на уровень напряжения в этом узле на примере простейшей схемы рисунка 4.1.

Мощность, передаваемая от источника питания по линии при отсутствии КУ равна

$$S = P_H + jQ_H.$$

Передача данной мощности по линии при отсутствии КУ вызывает потерю напряжения (при не учете поперечной составляющей падения напряжения) равную

$$\Delta U = \frac{P_H \cdot R + Q_H \cdot X}{U_{\text{ип}}}$$

При установленной в узле КУ передаваемая по линии реактивная мощность снижается на величину реактивной мощности, генерируемой КУ. Соответственно происходит снижение падения напряжения на линии:

$$\Delta U = \frac{P_H \cdot R + (Q_H - Q_{\text{Ку}}) \cdot X}{U_{\text{ип}}}$$

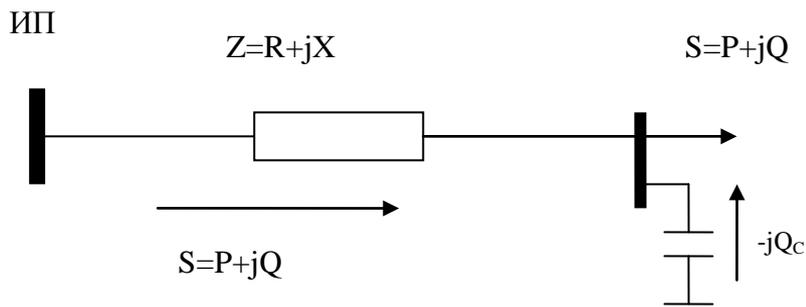


Рисунок 4.1 - Схема поперечной емкостной компенсации

тем самым происходит рост напряжения в узле нагрузки. Если полностью компенсировать реактивную мощность нагрузки, то по линии будет передаваться только активная мощность и падение напряжения на линии будет минимальным.

Данный способ регулирования напряжения особенно подходит для протяженных сельских электрических сетей с практически активной нагрузкой, когда уровень напряжения у потребителей недостаточен для нормальной работы.

Сопутствующим эффектом при данном способе регулирования напряжения является уменьшение потерь активной мощности, что видно из следующей формулы:

$$\Delta P = \frac{P_H^2 + (Q_H - Q_{Ky})^2}{U^2} \cdot R$$

4.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему с параллельным включением конденсаторов (рисунок.4.2).

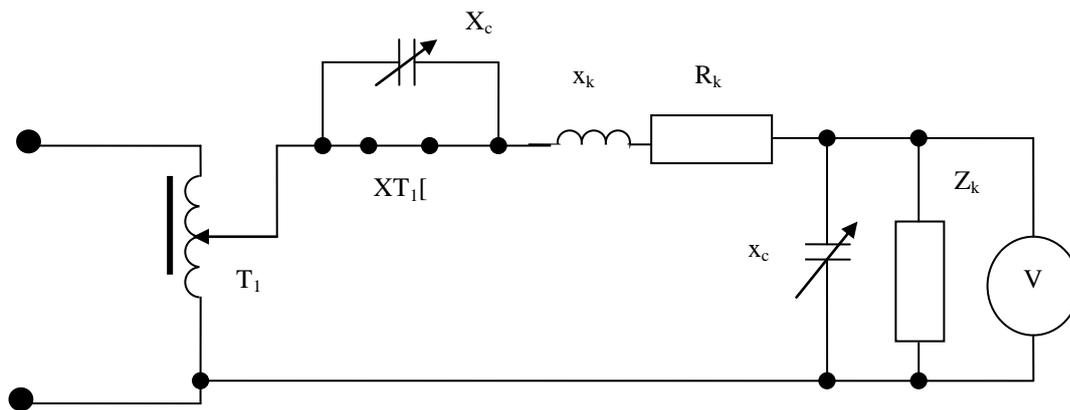


Рисунок 4.2 - Схема для проведения опытов продольной и поперечной емкостной компенсаций

2. Установить напряжение источника питания и поддерживать его неизменным при проведении всех опытов.

3. Измерить напряжение, ток и мощность в начале и конце линии до компенсации реактивной мощности.

4. Изменяя емкость конденсаторной батареи, сделать 5-6 контрольных измерений тока, мощности и напряжения в начале и конце линии с записью результатов в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты исследований емкостной компенсации

Вид емкостной компенсации	$U_1, В$	$U_2, В$	$I, А$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	$C, мкф$	$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$
Компенсация отсутствует								
Поперечная								
1								
2								

7. Как избежать появления возможных перенапряжений при емкостной компенсации?

8. Как и почему изменяется $\cos\varphi_1$ и $\cos\varphi_2$ при изменении C в опытах поперечной емкостных компенсаций?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Регулирование напряжения в электрических сетях при помощи продольной емкостной компенсации

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследовать возможность регулирования напряжения в электрической сети при помощи продольной емкостной компенсации.

Включая последовательно в линию емкость достаточной величины, можно скомпенсировать значительную часть индуктивного сопротивления (в реальных электропередачах до 70%), при этом падение напряжения в линии уменьшается:

$$\Delta U = \frac{P_H \cdot R + Q_H \cdot (X - X_{\text{нк}})}{U_{\text{ИП}}}$$

тем самым достигается эффект регулирования напряжения на нагрузке.

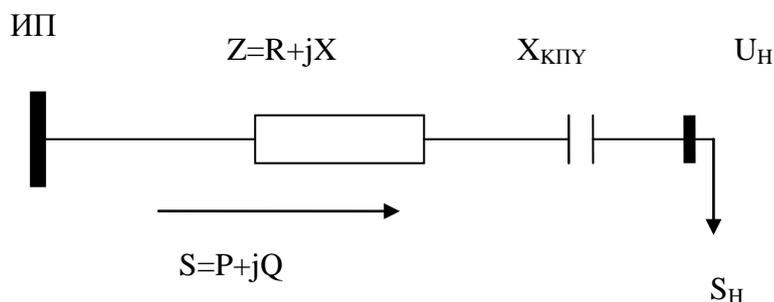


Рисунок 5.1 - Схема продольной емкостной компенсации

Такие емкости, включаемые в линию последовательно, называются установками продольной компенсации (УПК). Использование УПК только для целей регулирования напряжения неэкономично. В основном УПК находят применение на линиях высоких напряжений (500, 750 кВ) для повышения пропускной способности линий и увеличения пределов статической и динамической устойчивости.

5.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Собрать схему с последовательным включением конденсаторов (рисунок.4.2).

2 Установить напряжение источника питания и поддерживать его неизменным при проведении всех опытов.

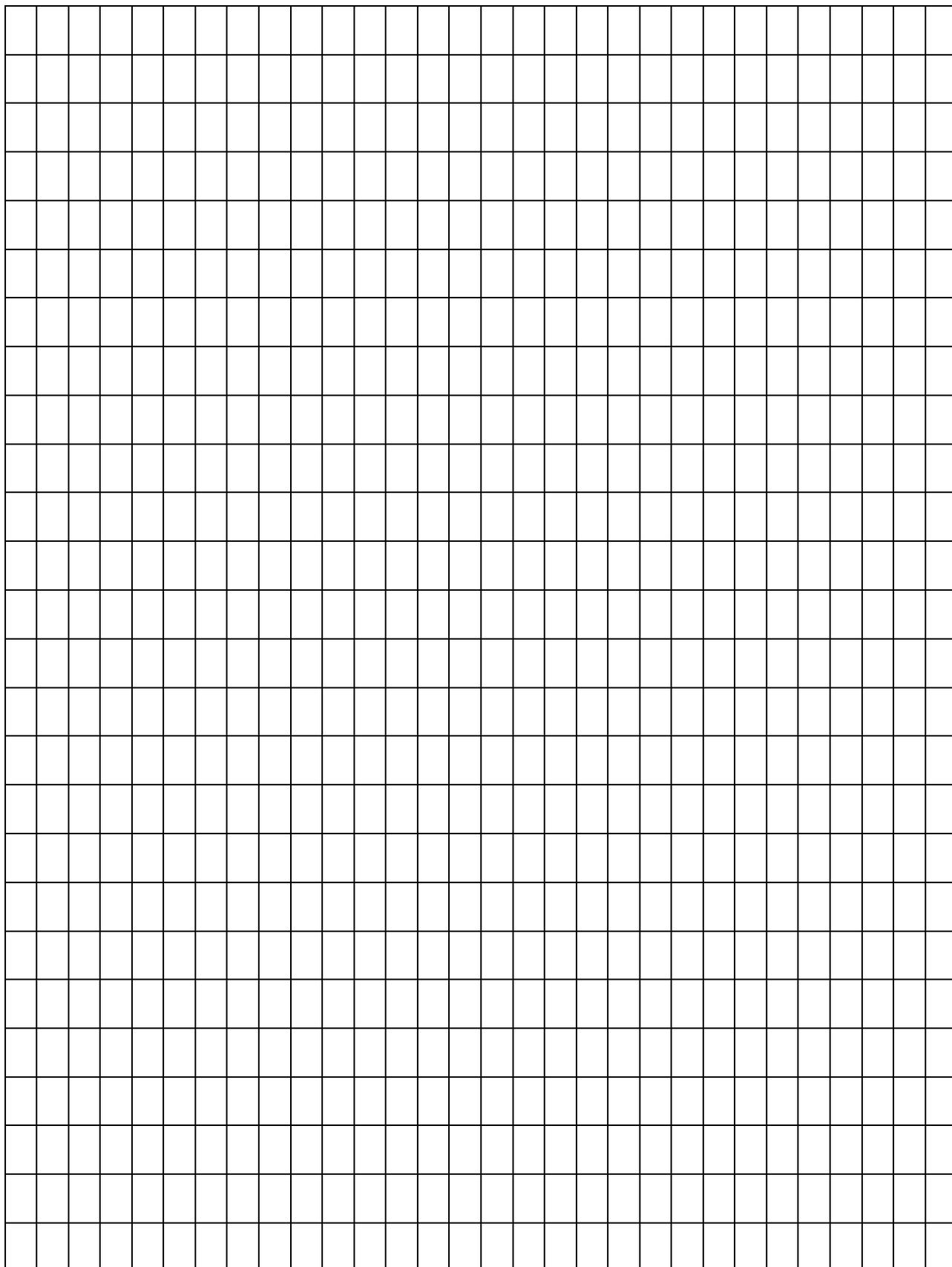
3 Измерить напряжение, ток и мощность в начале и конце линии до компенсации реактивной мощности.

4 Изменяя емкость конденсаторной батареи, сделать 5-6 контрольных измерений тока, мощности и напряжения в начале и конце линии с записью результатов в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Результаты исследований емкостной компенсации

Вид емкостной компенсации	$U_1, В$	$U_2, В$	$I, А$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	C мкф	$\cos\varphi_1$	$\cos\varphi_2$
Компенсация отсутствует								
Поперечная								
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Построить векторные диаграммы токов и напряжений для случая, когда компенсация отсутствует, а также для опытов, указанных преподавателем, при продольной компенсации.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Исследование режимов работы линии с двухсторонним питанием

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Найти распределение токов и напряжений в модели линии с двухсторонним питанием при нормальном и аварийном режимах.

6.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Линии с двухсторонним питанием в последнее время получают все более широкое распространение в практике сельской электрификации.

Основное преимущество их заключается в повышении надежности электроснабжения, недостаток — в больших затратах при сооружении и в трудоемкости расчетов.

Сложность расчета замкнутых сетей, частным случаем которых является линия с двухсторонним питанием, заключается в определении мощностей (токов) по участкам схемы, то есть в распределении мощностей (токов) по сети.

Мощность, поступающая в линию от источника питания A , определяется формулой

$$\dot{S}_A = \frac{\sum_1^n \dot{S}_i z_{iB}}{z_{AB}} + \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_B}{z_{AB}} \dot{U}_H; \quad (1)$$

где s_i — мощность нагрузки, присоединенной в точке i схемы;
 z_{iB} — сопротивление линии от точки присоединения нагрузки i до источника B ;
 z_{AB} — сопротивление всей линии;
 U_H — номинальное напряжение линии.

Аналогично

$$\dot{S}_B = \frac{\sum_1^n \dot{S}_i z_{iA}}{z_{AB}} + \frac{\dot{U}_B - \dot{U}_A}{z_{AB}} \dot{U}_H; \quad (2)$$

При равенстве напряжений источников питания $\dot{U}_A = \dot{U}_B$ второй член формул (1) и (2), называемый уравнивающей мощностью, равен нулю. Распределение активной P и реактивной Q мощности можно найти отдельно, подставляя в формулы (1) и (2) соответственно P или Q .

Расчет аварийного режима, когда один из источников питания отключен, значительно упрощается, так как ничем не отличается от расчета радиальной схемы.

Когда известно распределение мощностей, потери напряжения на участках линии с двухсторонним питанием определяют по тем же формулам, что и для радиальной схемы, то есть

$$\Delta U = \frac{Pr + Qx}{U_H}; \quad (3)$$

Максимальной потерей напряжения нормального режима линии с двухсторонним питанием называется сумма потери напряжения на отдельных участках схемы от источника питания до точки токораздела, то есть

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{A-1} + \Delta U_{1-2} + \dots;$$

Моделирование линии с двухсторонним питанием облегчает определение точек токораздела и потерь напряжения в линии.

Принципиальная схема моделируемой линии показана на рисунке 1. Схема имеет два источника питания (A и B) и четыре нагрузки (Z_5, Z_6, Z_7, Z_8) с различными коэффициентами мощности.

6.2 Указания к выполнению работы

Для определения точки токораздела и наибольшей потери напряжения следует замерить в различных точках модели напряжения, токи и мощности.

1. Определить опытным путем точки токораздела активных и реактивных токов (или мощностей):

а) при одинаковых напряжениях питательных пунктов A и B и при двух различных значениях сопротивлений нагрузок z ;

б) при неодинаковых напряжениях питательных пунктов A и B и при двух различных значениях z .

2. Определить наибольшую потерю напряжения в линии при наиболее тяжелом аварийном режиме (то есть при питании всех нагрузок либо от источника A , либо от источника B и неизменной нагрузке z , заданной преподавателем).

3. Подсчитать мощности, генерируемые источниками питания A и B , аналитическим путем и определить точки раздела активной и реактивной мощности.

4. Подсчитать максимальные потери напряжения в нормальном и наиболее тяжелом аварийном режимах работы линии.

5. Результаты измерений и вычислений свести в таблицы и построить графики изменения вдоль линии величин I, U, P и Q .

По экспериментальным данным максимальные потери напряжения могут быть получены как разность напряжений источника питания и напряжения точки схемы, являющейся точкой токораздела.

Потерю напряжения определяют по формуле:

$$\Delta U = U_A - U_n ;$$

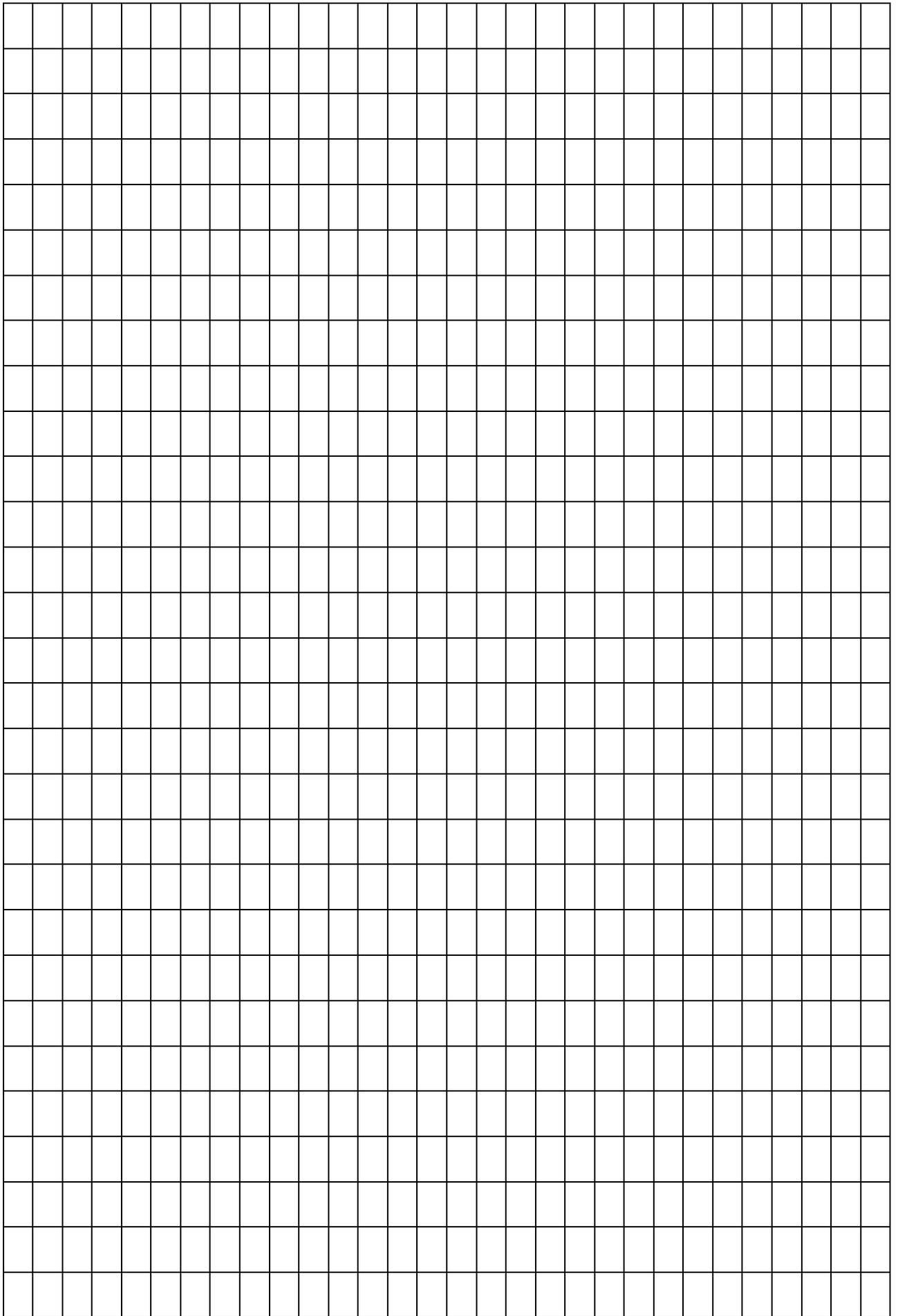
где U_A — напряжение источника питания, В

U_n — напряжение точки подключения нагрузки, В.

Значения мощностей S и Q для всех условий опыта определяются следующими формулами:

$$S = UI ; \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} ;$$

Сравнивая данные, полученные экспериментальным и аналитическим путем, можно определить погрешность эксперимента:



1. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов - М: Колос, 2000 - 536 с.
2. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства / Под ред.И.А. Будзко.-М.: Агропомиздат, 1982-319 с.
3. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения ГОСТ 13109-97. - М.:Издательство стандартов, 1997.
4. Герасименко А.А. Передача и распределение электроэнергии: Учебное пособие Ростов-н/Д.: ФЕНИКС; Красноярск: Издательские проекты, 2006 – 720 с.

Учебное издание

Маловастая Екатерина Федоровна

Электроснабжение сельского хозяйства

Редактор Павлютина И.П.

Подписано в печати 14.02.2012 г. Формат А4.

Бумага офсетная. Усл. п. л.2,49. Тираж 100 экз. Изд. №2129.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии.
143365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, брянская ГСХА