

## Лабораторная работа № 2

### ТЕМА “ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОГО УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ОДНОСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ”

Условиями нормального режима работы трехфазной сети переменного тока являются симметрия параметров и отсутствие высших гармоник тока и напряжения. Однако при работе электрических систем встречаются режимы, не удовлетворяющие этим условиям. Примером этого может являться режим, возникающий при длительной работе какой-либо линии с отключенным фазным проводом. Другим примером служит сеть, значительную часть нагрузки которой определяют выпрямительные установки. В первом случае оказывается существенно нарушенной симметрия параметров режима, во втором могут быть искажены синусоиды токов и напряжений в сети. Такие режимы называют особыми.

Несимметричные режимы в электрических сетях могут являться следствием различия либо сопротивлений в цепях отдельных фаз, либо заданных фазных токов нагрузки. Первый случай имеет место в неполнофазных режимах, а также при сооружении линий без транспозиции, с неполным или удлиненным циклом транспозиции. Длительные неполнофазные режимы осуществляются для повышения надежности электроснабжения и уменьшения ущерба от недоотпуска энергии в тех случаях, когда недоотпуск вызван повреждением одной или двух фаз сети. Использование удлиненных циклов транспозиции позволяет также повысить надежность работы электрической сети. Объясняется это тем, что значительная часть из общего числа аварий на воздушных линиях (ВЛ) связана с повреждениями на транспозиционных опорах, поэтому осуществление транспозиции в ограниченном числе точек линии снижает количество аварийных выходов линии из работы.

Различие по фазам нагрузочных токов вызывается либо однофазной нагрузкой, либо специфическими особенностями эксплуатационных режимов некоторых трехфазных потребителей (например, дуговых печей).

Искажение симметрии отрицательно сказывается на рабочих и технико-экономических характеристиках генераторов и потребителей электроэнергии. Это обстоятельство требует ограничения степени несимметрии, которая рассматривается ГОСТ как один из показателей нормируемого качества электроэнергии. Поэтому допустимость того или иного несимметричного

режима должна проверяться соответствующими расчетами. В тех случаях, когда степень несимметрии принимает недопустимо большие значения, проводятся специальные мероприятия, позволяющие уменьшить несимметрию токов и напряжений. Одним из них является отключение элемента сети, являющегося источником появления несимметрии. Второе мероприятие заключается в сооружении резервных линий или установке резервных групп трансформаторов. Степень несимметрии может быть снижена также при уменьшении нагрузки сети, содержащей несимметричные элементы.

Исследование несимметричной работы электрической сети осуществляется с помощью лабораторного комплекса «Учебная техника» (аудитория Б-306). Электрическая схема соединений представлена на рис. 2.1. Перечень используемой аппаратуры приведен в таблице 2.1.

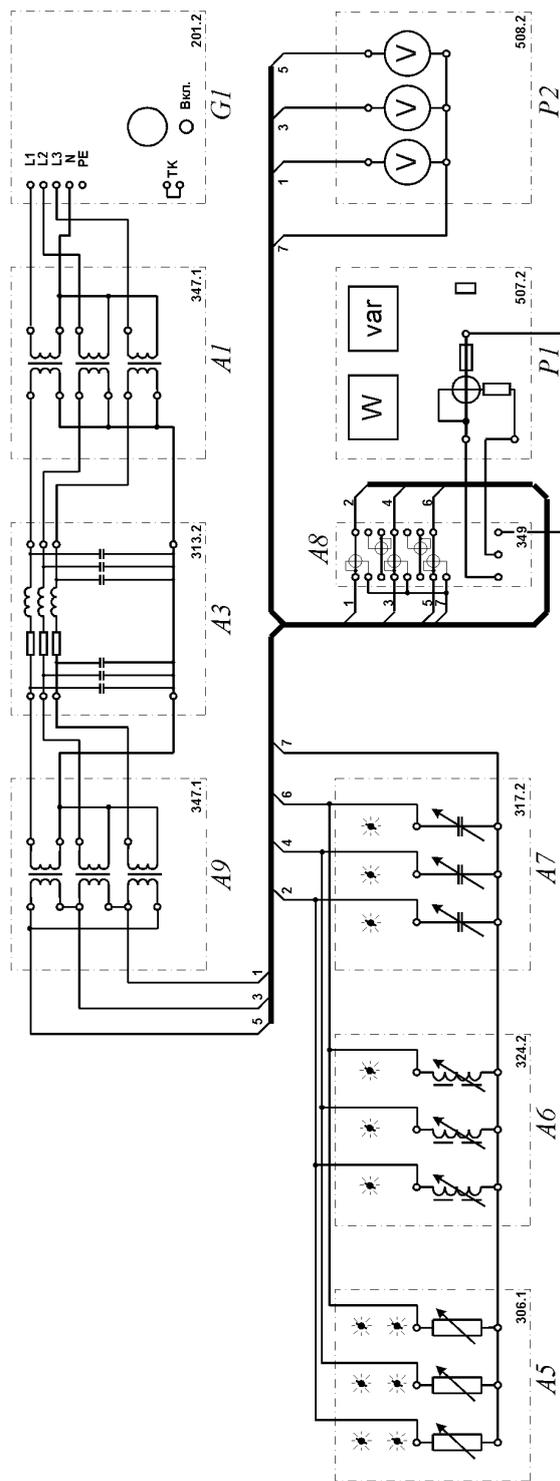


Рис. 2.1. Электрическая схема соединений

Таблица 2.1.

Перечень аппаратуры для проведения лабораторной работы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
A1,A9	Трехфазная трансформаторная группа	347.1	3 x 80 В·А; 242, 235, 230, 126, 220, 133,

			127 В/ 230 В (звезда)
A3	Модель линии электропередачи	313.2	400 В ~; 3 × 0.5 А
A5	Активная нагрузка	306.1	220/380 В; 50 Гц 3×50 Вт;
A6	Индуктивная нагрузка	324.2	220/380 В; 50 Гц 3х40 ВАр
A7	Емкостная нагрузка	317.2	220/380 В; 50 Гц 3х40 ВАр
A8	Коммутатор измерителя мощностей	349	5 положений
P1	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
P2	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000 В ~; 0...10 А ~; 0...20 МОм

### ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ

Источник G1 моделирует питающую электрическую систему.

Трансформаторы в блоке A1 соединены в трехфазную группу Y-о / Y-о и моделируют трансформатор, связывающий электрическую систему с сетью.

Трансформаторы в блоке A9 соединены в трехфазную группу Y-о / Δ и моделируют понижающий трансформатор.

Модель А3 линии электропередачи моделирует трехфазную линию электропередачи.

Нагрузки А5...А7 моделируют трехфазные активную, индуктивную и емкостные нагрузки.

Коммутатор А8 позволяет без переборки схемы производить измерение потоков активной и реактивной мощностей измерителем Р1 в трех фазах комплексной нагрузки.

Блок мультиметров Р2 позволяет без переборки схемы одновременно производить измерение напряжения трех фаз комплексной нагрузки.

## УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЭКСПЕРИМЕНТА

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления " $\oplus$ " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Установите переключателем желаемое значение напряжений вторичных обмоток трансформаторов блоков А1, А9.
- Установите переключателями желаемые параметры модели А3 линии электропередачи.
- Установите переключателями желаемые параметры (одинаковые или разные в фазах) нагрузок А5...А7.
- Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей Р1 и блока мультиметров Р2.
- Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока Р2 измеряйте напряжения фаз комплексной нагрузки.
- Меняя положение переключателя коммутатора А8, с помощью измерителя Р1 определяйте величины активной и реактивной мощностей, потребляемые фазами комплексной нагрузки.
- По завершении эксперимента отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей Р1 и блока мультиметров Р2.

## ЗАДАНИЕ

Модель электрической сети, на примере которой проводится изучение несимметричного режима, представлена на рисунке 2.2.

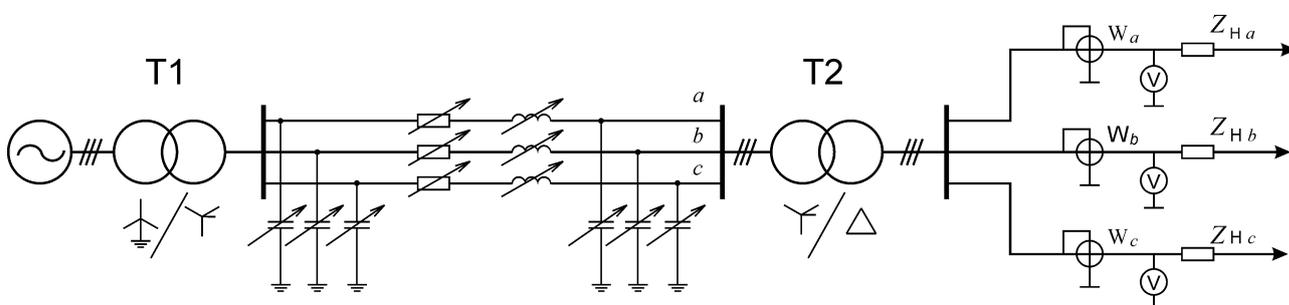


Рис. 2.2. Модель электрической сети

1. Провести эксперимент с одновременным изменением фазных нагрузок и сопротивлений ЛЭП. Выставить погонные параметры ЛЭП всех трех фаз одинаковыми, и равными их среднему из возможных значений. Также одинаковыми и средними из возможных значений выставить величины фазных нагрузок. Записать показания измерительных приборов – значения напряжений на фазах потребителей; значения фазных мощностей.

2. Увеличить значения погонных сопротивлений фазы  $a$  до максимального значения, одновременно с этим уменьшить до минимально возможного значения погонные сопротивления фазы  $c$ . Записать показания ваттметра и вольтметра во всех фазах. Сравнить показания приборов с данными предыдущего эксперимента.

3. Выставить все нагрузки одинаковыми во всех фазах. Изменяя сопротивления ЛЭП только фазы  $a$ , определить неравномерность напряжений на зажимах нагрузок потребителей в фазах  $a, b, c$ . Сделать вывод о влиянии на степень неравномерности напряжений величин  $X, R$  и  $C$  ЛЭП в фазах.

4. Выставить сопротивления линий одинаковыми во всех фазах. Измерить напряжения в фазах при различных комбинациях фазных нагрузок. Выяснить, каким образом влияет величина нагрузок потребителей на степень неравномерности напряжений потребителей.

5. Выставить одинаковые и средние по величине фазные значения погонных параметров ЛЭП. Нагрузки взять активно-индуктивными, одинаковыми во всех фазах. Изменить значения погонных параметров ЛЭП фазы  $a$ . Попытаться добиться одинаковых значений фазных напряжений нагрузки путем изменения емкостной составляющей нагрузки потребителей в фазах  $a$ ,  $b$ ,  $c$ :

- 1) при увеличенном значении погонных сопротивлений ЛЭП в фазе  $a$ ;
- 2) при уменьшенном значении погонных сопротивлений ЛЭП в фазе  $a$ .

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть отражены результаты проведенных экспериментов в виде таблиц и графиков согласно пунктам задания. В таблицах отражаются:

- 1) значения фазных нагрузок в виде соответствующих значений  $X_H$ ,  $R_H$  и  $C_H$ ;
- 2) значения погонных сопротивлений ЛЭП в каждой фазе;
- 3) величина потребляемой мощности в фазах;
- 4) величины измеренных фазных напряжений.

На графиках отражается динамика изменения измеряемого показателя режима (напряжения, мощности) от величины устанавливаемого параметра – сопротивлений ЛЭП и (или) величины сопротивления нагрузки.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Общая характеристика особых режимов.
2. Уравнения несимметричных режимов в фазных координатах.
3. Уравнения несимметричных режимов в симметричных координатах.

4. Параметры элементов ВЛ и составление схем замещения при несимметричных режимах.
5. Параметры трансформаторов и нагрузок при несимметричных режимах.
6. Режим работы электрической сети с одной отключенной фазой.
7. Режим работы электрической сети с двумя отключенными фазами.
8. Симметрирующий эффект батареи статических конденсаторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: Учебное пособие для вузов. – М.: Логос, 2006. – 254 с.
2. Авербух А.М. Решение задач по неполнофазным режимам и сложным видам коротких замыканий. – Л.: Энергия, 1972. – 160 с.
3. Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Сизова М.П., 2001. – 304 с.
4. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592с.
5. Электрические системы: учебное пособие для вузов / Под ред. В.А. Веникова Т. 2: Электрические сети. – М.: Высш. шк., 1971. – 440 с.
6. Солдаткина Л.А. Электрические сети и системы. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергия, 1978. – 216 с.