

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М. Н. Кириллов, А. Н. Назаркина

**ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал
по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки
бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 621.311

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
И.Е. Кажекин

Кириллов, М. Н.

Переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб.- метод. пособие – локальный электронный методический материал по выполнению лабораторных работ для студентов напр. подгот. бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / **М. Н. Кириллов, А. Н. Назаркина.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 21 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ представлены схемы изучаемых объектов для сборки на экспериментальном стенде и указания по проведению экспериментальных исследований. Лабораторные работы предназначены для практического закрепления теоретического материала по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах».

Рис. 2, табл. 2, список литературы – 2 наименования

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией Института морских технологий, энергетики и строительства 25 октября 2023 г., протокол № 12

УДК 621.311

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Кириллов М. Н., Назаркина А. Н. 2023 г.

Оглавление

Введение	4
Общие указания по освоению лабораторного практикума.....	6
Лабораторная работа № 1. Внезапное короткое замыкание в простейшей трехфазной цепи.....	10
Лабораторная работа № 2. Исследование влияния состава дифференциальных уравнений синхронной машины на переходный процесс при коротком замыкании якоря	11
Лабораторная работа № 3. Статическая устойчивость электрической системы	12
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	20

Введение

Дисциплина «Переходные процессы в электроэнергетических системах» входит в состав образовательной программы для студентов направления подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Целью дисциплины является освоение принципов анализа переходных процессов в электроэнергетических системах.

Основные задачи изучения дисциплины заключаются в следующем:

- формирование у студентов прочной теоретической базы по анализу электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах;
- изучение влияния этих процессов на режимы работы электротехнического оборудования, электроэнергетические системы и их объекты;
- усвоение практических методов расчета и анализа режимов коротких замыканий и продольной несимметрии;
- освоение студентами математических моделей различных элементов электроэнергетической системы, в том числе, синхронных генераторов, асинхронных электродвигателей, трансформаторов и др.;
- получение знаний в области методов исследования переходных процессов.

Целью лабораторного практикума является закрепление знаний, полученных в ходе лекционных занятий и самостоятельного изучения дисциплины.

В соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы для студентов направления подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» обучаемые после выполнения лабораторных работ должны:

Знать:

- основы теории электромагнитных переходных процессов;
- математические модели основных силовых элементов энергосистем;
- методы расчета электромагнитных переходных процессов;
- особенности протекания электромагнитных переходных процессов в синхронных генераторах, трансформаторах, линиях и других элементах энергосистем и методы их анализа с использованием современного математического аппарата;
- методы и алгоритмы расчета токов короткого замыкания в разветвленных высоковольтных сетях, в распределительных сетях и системах электроснабжения;
- алгоритмы расчета в фазных и симметричных координатах несимметричных коротких замыканий и сложных видов повреждений;
- статические и динамические характеристики и критерии устойчивости электромеханических систем в нормальном, динамическом, аварийном и

послеаварийном режиме;

Уметь:

- составлять расчетные схемы и соответствующие схемы замещения по отношению к токам прямой, обратной и нулевой последовательностей и определять параметры различных элементов этих схем разными методами;

- определять параметры элементов схемы;

- выбрать методы расчета, адекватные поставленной задаче;

- рассчитывать электромагнитные переходные процессы, в первую очередь токи короткого замыкания с использованием ЭВМ;

- анализировать полученные результаты и давать им соответствующую физическую интерпретацию;

- строить векторные диаграммы, кривые изменения токов короткого замыкания и эпюры напряжений;

- оценивать, к каким погрешностям могут привести те или иные допущения;

- определять допустимость различных видов возмущений с точки зрения их воздействия на конкретные типы электрических машин и узлы нагрузок, как по условиям устойчивости, так и по допустимым уровням нагрузок;

- разрабатывать мероприятия и выбирать способы для обеспечения необходимого качества переходного процесса, устойчивости и экономичной работы электромеханического оборудования;

Владеть:

- навыками расчетов переходных процессов при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз.

Выполнение лабораторных работ проводится с целью развития знаний, умений и навыков в области переходных процессов как в энергетической системе в целом, так и в отдельных ее элементах.

Задачами освоения лабораторного практикума являются:

- приобретение студентами навыков их расчета при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз;

- приобретение навыков расчета и анализа переходных режимов электрических систем и узлов нагрузки с учетом действия систем автоматического регулирования и управления.

Общие указания по освоению лабораторного практикума

Лабораторные работы проводятся с использованием специализированного учебного оборудования и (или) компьютерных программ. Основная информация по устройству и принципу действия лабораторной установки и (или) работе специализированного программного обеспечения приведена в учебно-методическом пособии. В случае необходимости перед проведением лабораторной работы непосредственно на месте проведения преподаватель или инженер проводит инструктаж по основным особенностям выполнения лабораторной работы.

Для контроля готовности студентов к выполнению лабораторной работы непосредственно на месте проведения преподавателем проводится опрос в устной форме по ключевым особенностям работы с лабораторной установкой (программой): техника безопасности, цель и задачи исследования, принцип взаимодействия с установкой (программой), порядок проведения исследования, ожидаемые результаты. Студенты, прошедшие контроль, допускаются к выполнению лабораторной работы. Студенты, не справившиеся с контролем, допускаются к работе после устранения замечаний.

После выполнения лабораторной работы студенты на основе материалов учебно-методического пособия и указаний преподавателя самостоятельно (в часы самостоятельной работы) выполняют обработку и интерпретацию полученных данных и готовят отчеты по лабораторной работе. Отчет должен не только содержать результаты проведенного исследования, но и отражать осмысление сущности изучаемых явлений, взаимосвязи экспериментальных данных и теоретических положений. Наличие отчета по лабораторной работе является условием для допуска к ее защите.

Защита лабораторной работы проводится в форме ответа на контрольные вопросы, а также ответа на вопросы по существу изучаемого явления, примененной методологии экспериментального и аналитического исследования, взаимосвязи экспериментальных данных и теоретических положений.

На допуск и выполнение лабораторных работ отводится не менее одного лабораторного занятия (не менее 2 акад. часа). На защиту лабораторных работ отводится не менее одного лабораторного занятия (не менее 2 акад. часа). Защиты работ чередуются: первая защита проводится после выполнения работы № 1, вторая защита – после выполнения работы № 2, третья защита – после выполнения работы № 3.

Правила техники безопасности

1. Общие требования охраны труда

Безопасность жизнедеятельности при проведении лабораторных работ в лабораториях кафедры энергетике обязательна для профессорско-преподавательского состава, учебно-вспомогательного персонала и студентов.

К проведению лабораторных работ допускаются лица, прошедшие инструктаж с росписью в журнале. Инженер, обслуживающий лабораторию, должен иметь группу допуска с ежегодной проверкой. В лаборатории должна быть медицинская аптечка с набором медикаментов первой медицинской помощи, а также комплект средств пожаротушения. На видном месте должна висеть инструкция по технике противопожарной безопасности.

Во время проведения занятий запрещено находиться в лаборатории в верхней одежде либо размещать ее в помещении. Перед проведением лабораторных занятий студенты обязаны изучить лабораторную работу. Перед началом работы инженер или преподаватель проверяет исправность стендов. Без разрешения преподавателя проведение лабораторных работ запрещается. Запрещается изменять схему лабораторной работы. При проведении лабораторных работ на столах не должно быть посторонних предметов. Всякие работы по устранению неисправностей под напряжением категорически запрещаются. При сборке схемы применяют только стандартные провода с наконечниками. При возникновении неисправностей стенд должен быть немедленно отключен от сети.

Запрещается оставлять без присмотра работающие стенды. При появлении запаха гари немедленно отключить стенд. В случае поражения электрическим током немедленно обесточить стенд и приступить к оказанию первой помощи пострадавшему.

Ответственный за проведение лабораторных работ уходит последним из лаборатории, убедившись, что рабочее место убрано, а стенды отключены.

При эксплуатации действующих электроустановок запрещается использовать оборудование в условиях, не соответствующих требованиям инструкции организации-изготовителей, или оборудование, имеющее неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать провода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией; пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями.

2. Требования охраны труда перед началом работы

- Осмотреть состояние помещения: достаточно ли освещенность, работает ли вентиляция проветривания помещения, позволяет ли температура в помещении комфортно проводить работы без верхней одежды, не загромождено ли место проведения занятий посторонними предметами.
- Осмотреть состояние электрических соединений, рубильников, автоматов и прочих переключающих средств.
- Проверить наличие средств защиты.
- Убрать все посторонние предметы, которые могли бы создавать неудобство в сборке схемы лабораторной работы.
- Если необходимо, вывесить предупреждающие плакаты.
- Лабораторная работа проводится только с исправными приборами.
- Руководитель перед началом работы проводит инструктаж по технике безопасности и контролирует весь процесс работы.
- К моменту проведения работ все стенды должны быть проверены и готовы.
- Все студенты должны расписаться в контрольном листе.
- Студенты должны внимательно изучить описание работы, при необходимости выяснить неясные моменты.

3. Требования охраны труда во время работы

- Лабораторная работа проводится только в присутствии преподавателя.
- На проведение лабораторной работы разрешение дает лично руководитель занятий после проверки правильно собранной схемы.
- Руководитель должен следить, чтобы в схеме не было открытых оголенных проводов. При обнаружении недостатков такая работа должна быть немедленно приостановлена.
- Во время проведения лабораторной работы все проходы должны быть освобождены, доступ к стендам – свободным.
- Во время проведения лабораторной работы запрещается оставлять включенный стенд без присмотра.
- При выявлении запаха гари следует немедленно обесточить стенд и доложить руководителю.

4. Требования охраны труда по окончании работы

- По окончании лабораторной работы стенд обесточивается, все приборы и соединительные провода отсоединяются и убираются.
- О выявленных неисправностях доложить руководителю занятий.

- Выключить освещение лаборатории, закрыть помещение на замок.

5. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

1) При возникновении неисправностей во время проведения лабораторной работы необходимо немедленно обесточить стенд.

2) При обнаружении пожара необходимо:

- прекратить работу, оповестить окружающих о пожаре;
- сообщить о пожаре на вахту, сообщить о возгорании в пожарную охрану по тел. **01** или по тел. **101 (112)** мобильной связи, указав при этом точное место пожара, что горит, свою фамилию;

- принять меры по эвакуации людей и спасению оборудования.
- отключить от сети электрооборудование;
- приступить к тушению пожара своими силами с помощью имеющихся подручных средств пожаротушения;

- если погасить очаг горения не представляется возможным, необходимо плотно закрыть окно, дверь, не запирая замок, и покинуть опасную зону.

3) При поражении электрическим током немедленно обесточить стенд и приступить к оказанию первой помощи пострадавшему. При необходимости вызвать скорую помощь по тел. **03.** или по тел. **103 (112)** мобильной связи

Лабораторная работа № 1. Внезапное короткое замыкание в простейшей трехфазной цепи

Цель работы – сформировать знания, умения и навыки в области анализа режимов короткого замыкания электрической сети и расчета токов короткого замыкания в трехфазных сетях.

Задачи лабораторного исследования:

1. Изучение переходных процессов простейшей цепи в однофазной постановке.

1.1. Получить кривые эдс и тока в нормальном режиме и нанести на векторную диаграмму, построенную в фазных координатах a-b-c, вектора эдс и тока, оценив начальные фазы соответствующих сигналов (углы ψ и φ).

1.2. Получить кривую тока переходного процесса в однофазной постановке и оценить по кривой значения ударного тока и затухания апериодической составляющей.

1.3. Теоретически обосновать полученные в пункте 1.2 результаты:

а) получить кривые апериодической, периодической составляющих и полного тока фазы;

б) рассчитать значения фазы тока при КЗ φ_k , ударного коэффициента k_y , ударного тока I_y ;

в) сравнить полученные значения ударных токов с практическими (полученными в пункте 1.2) и сделать вывод о точности оценки максимального тока при КЗ с помощью ударного коэффициента и в момент времени $t=0.01$ сек.

1.4. Нанести на векторную диаграмму вектор тока при КЗ (с использованием фаз углов ψ и φ_k).

II. Изучение переходных процессов простейшей цепи в трехфазной постановке для крайних значений фазы эдс ($\psi=0, \pi/2$).

2.1. Получить кривые токов по фазам при КЗ и оценить значения ударных токов в различных фазах.

2.2. Сравнить полученные результаты с теоретическими расчетами раздела 1 и сделать выводы как об использовании пары (k_y, I_y) , так и о возможности рассмотрения процессов КЗ в однофазной постановке.

Контрольные вопросы:

1. Из каких слагаемых состоит кривая изменения тока при внезапном КЗ в неразветвленной цепи, питаемой от источника неограниченной мощности? Как они изменяются во времени?

2. Какое влияние оказывает предшествующий ток на величину апериодической слагающей тока КЗ, какого максимального значения может достигать последняя?

3. Что называется фазой включения?
4. При какой фазе включения и в какой момент времени после возникновения КЗ наступает максимум мгновенного значения полного тока?
5. Что называется ударным током КЗ и какие допущения принимают при его определении?
6. Что понимается под эквивалентной постоянной времени и как практически можно оценить ее значение?
7. Что показывает ударный коэффициент и каковы пределы его изменений?
8. Какие допущения принимают при определении действующих значений полных величин и отдельных слагающих тока КЗ?

Лабораторная работа № 2. Исследование влияния состава дифференциальных уравнений синхронной машины на переходный процесс при коротком замыкании якоря

Цель работы – Сформировать знания, умения и навыки в области переходных процессов в синхронных машинах и соответствующего математического аппарата, применяемого для анализа переходных процессов при коротких замыканиях.

Задачи лабораторного исследования:

1. По исходным данным рассчитать в относительных единицах параметры статорной и роторной цепей. Определить начальные значения токов I_d , I_q , I_f и вектор начальных значений потокосцеплений.
2. Численно решить систему дифференциальных уравнений при коротком замыкании якоря генератора для следующих случаев:
 - а) решить полную систему уравнений: при заданной нагрузке в исходном режиме; при холостом ходе;
 - б) предположить, что машина не имеет демпферных обмоток;
 - в) пренебречь в якоре трансформаторными ЭДС и активными сопротивлениями.
3. Для всех случаев построить графики изменения тока i_A в фазе А, тока в обмотке возбуждения i_f и токов в демпферных обмотках i_{yd} и i_{yq} .
4. Для случая 2а обработать осциллограммы тока статора синхронной машины и определить T_a , T' , T'' , X_d , X'_d , X''_d и сравнить их с паспортными данными.
5. Построить графики момента в случае полных уравнений и при пренебрежении трансформаторными ЭДС.

Контрольные вопросы:

1. Чем опасно внезапное трехфазное короткое замыкание в СМ.

2. Как проявляется влияние демпферной обмотки на величину ударного тока.
3. Дать физическое пояснение, почему начальный сверхпереходный ток значительно превышает установившийся ток короткого замыкания.
4. Объяснить физическую картину явлений при внезапном трехфазном коротком замыкании.
5. Какие существуют постоянные времени в машине и при каких условиях они находятся.
6. Дать физическое толкование схемам для определения переходного и сверхпереходного сопротивлений.
7. Объяснить характер изменения токов на полученных осциллограммах.
8. Как зависит первый "выброс" тока фазы А от угла γ_0 ? Определите значение угла, при котором первый "выброс" тока фазы А будет минимальным.
9. Зависит ли при коротком замыкании ток в обмотке возбуждения от начального значения угла γ .
10. Объясните в каких случаях при исследовании электромеханических переходных процессов можно пренебречь трансформаторными ЭДС.

Лабораторная работа № 3. Статическая устойчивость электрической системы

Цель работы – Сформировать знания, умения и навыки в области физических основ и математических методов определения статической устойчивости электрической системы и её зависимости от видов регулирования возбуждения синхронных генераторов.

Задачи лабораторного исследования:

1. Определить пределы устойчивости при а) $E_q = \text{const}$, б) $E'_q = \text{const}$, в) $U_T = \text{const}$;
 - а) инерционное регулирование ($K_{0U} = K_{1U} = K_{0w} = K_{1w} = K_{1If} = 0$);
 - б) пропорциональное регулирование ($K_{0U} = -10$; $K_{1U} = K_{0w} = K_{1w} = K_{1If} = 0$);
 - в) сильное регулирование ($K_{0U} = -15$; $K_{1U} = -7,2$; $K_{0w} = 3$; $K_{1w} = 0,5$; $K_{1If} = -1,5$).
2. Оценить влияние коэффициента усиления канала отклонения напряжения на предел передаваемой мощности при пропорциональном регулировании.
3. Оценить влияние индуктивного сопротивления ЛЭП на предел передаваемой мощности. Получить значения пределов передаваемой мощности при использовании сильного регулирования для двух дополнительных значений внешнего индуктивного сопротивления.

Контрольные вопросы:

1. Что принято называть угловой характеристикой мощности?

2. Назовите критерий статической устойчивости простейшей электрической системы.
3. Каково назначение АРВ?
4. Какие типы систем возбуждения генераторов вы знаете?
5. Какие существуют типы регуляторов возбуждения генераторов электростанций и в чем их особенности?
6. Какими параметрами в схеме замещения представляется генератор без АРВ, с АРВ пропорционального действия, с АРВ сильного действия?
7. Как влияет АРВ на предел передаваемой мощности и почему?
8. Как изменяется напряжение на шинах генератора с АРВ ПД при изменении выдаваемой генератором мощности?

Описание установки к лабораторным работам

Лабораторная установка представляет собой физическую модель простейшей электрической системы, в которой генератор через трансформаторы и двухцепную линию электропередачи работает на шины неизменного напряжения.

На рисунке 1 представлена электрическая схема соединений для выполнения лабораторных работ № 1 и № 2, на рисунке 2 для лабораторной работы № 3.

Рисунок 1 - Электрическая схема соединений для выполнения лабораторных работ №1 и №2 при коротком замыкании

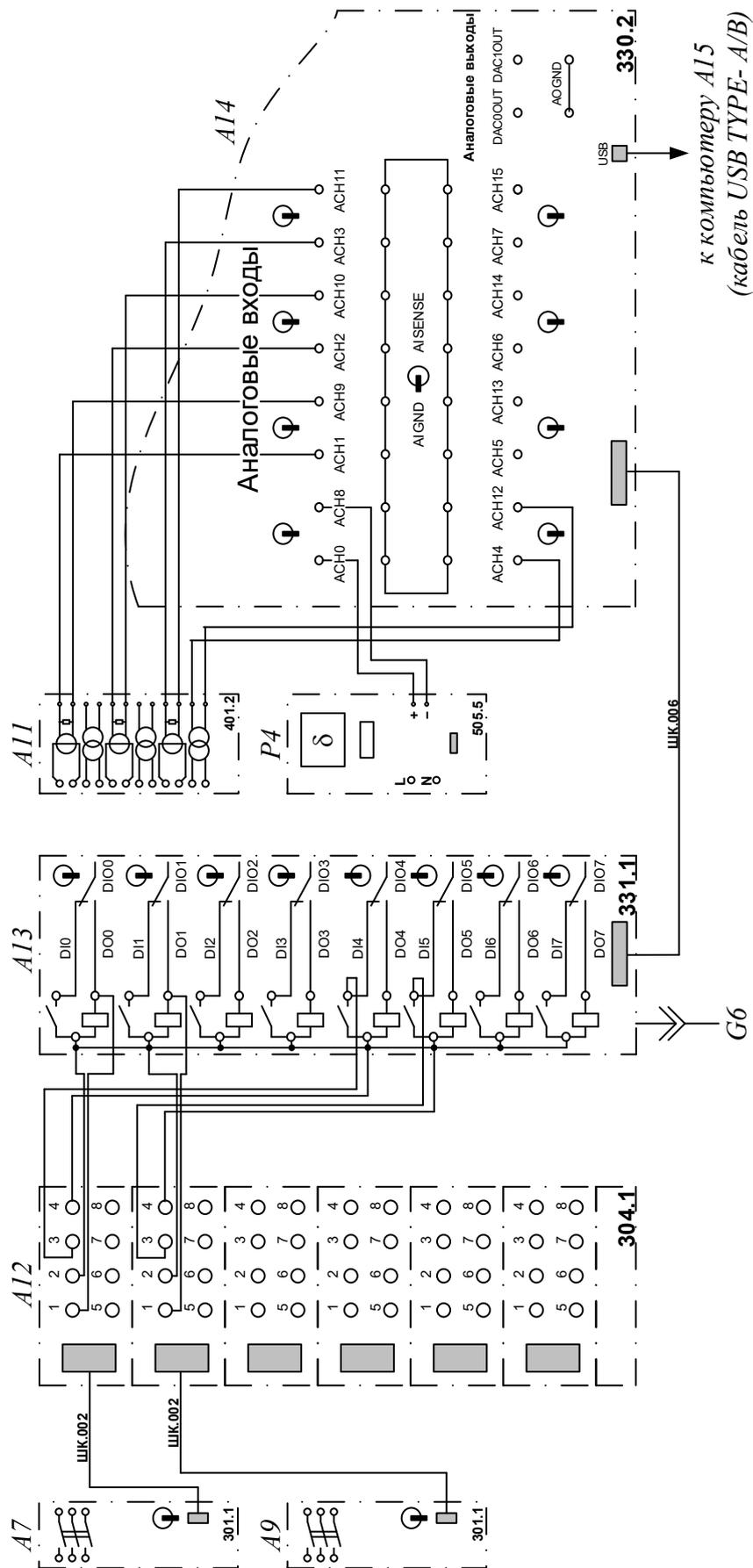


Таблица 1 - Перечень аппаратуры для первой схемы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1, A7, A9, A10	Трехполюсный выключатель	301.1	380 В~ / 10 А
A2	Линейный реактор	314.2	3 x 0,3 Гн / 0,5 А
A3	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 ВА (звезда) 220, 225, 230 В / 133, 220, 225, 230, 235, 240, 245 В
A4, A8	Модель линии электропередачи	313.2	400 В / 0,5 А ~
A5	Трехфазная трансформаторная группа	347.4	3 x 80 ВА / 133, 220, 225, 230, 235, 240, 245 В / (треугольник) 230 В
A6	Блок синхронизации	319.2	~ 400 В; 10 А 3 индикаторные лампы; синхроскоп
A11	Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения	401.2	600 В ~ / 3 В ~ (тр-р напряжения) 0,3 А ~ / 3 В ~ (тр-р тока)
A12	Терминал	304.1	6 розеток с 8 контактами; 6-8 гнезд
A13	Блок ввода-вывода цифровых сигналов	331.1	8 входов типа «сухой контакт»; 8 релейных выходов
A14	Коннектор	330.2	8 аналог. диф. входов; 2 аналог. выхода; 8 цифр. входов/выходов
A15	Персональный компьютер	1431	IBM совместимый, Windows XP/7/8, монитор, мышь, клавиатура
G1	Трехфазный источник питания	201.4.1	~ 400 В; 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	Цепь якоря 0...250 В; 3 А Цепь возбуждения 200 В; 1 А
G3	Возбудитель синхронной машины	209.3	0...40 В ; 3,5 А

G4	Машина переменного тока (в составе агрегата 100.1)	100.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
G5	Преобразователь угловых перемещений (в составе агрегата 100.1)	100.1	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Однофазный источник питания	218.9	~ 220 В; 16 А
M1	Машина постоянного тока (в составе агрегата 100.1)	100.1	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Измеритель напряжений и частот	504.2	2 вольтметра 0...500 В ~ 2 частотомера 45...55 Гц; ~ 220 В
P2	Измеритель мощностей	507.4	~ 380 В / 1 А
P3	Указатель частоты вращения	506.5	2000...0...2000 мин ⁻¹
P4	Указатель угла нагрузки синхронной машины	505.2	180°...0...180°

Рисунок 2 - Электрическая схема соединений для выполнения лабораторной работы №3 по определению статической устойчивости

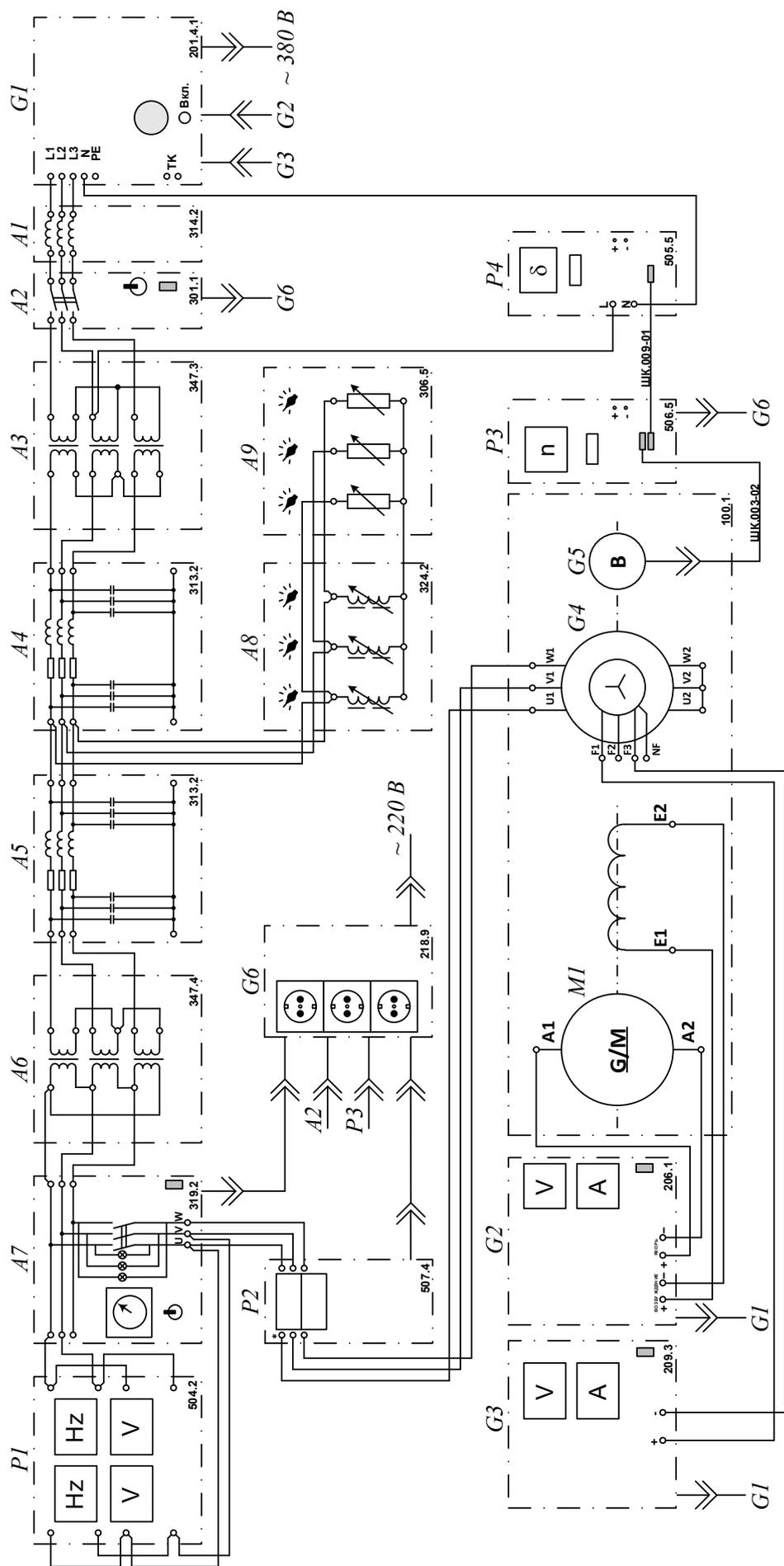


Таблица 2 - Перечень аппаратуры для второй схемы

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Линейный реактор	314.2	3 x 0,3 Гн / 0,5 А
A2	Трехполюсный выключатель	301.1	380 В~ / 10 А
A3	Трехфазная трансформаторная группа	347.3	3 x 80 ВА (звезда) 220, 225, 230 В / 133, 220, 225, 230, 235, 240, 245 В
A4, A5	Модель линии электропередачи	313.2	400 В / 0,5 А ~
A6	Трехфазная трансформаторная группа	347.4	3 x 80 ВА / 133, 220, 225, 230, 235, 240, 245 В / (треугольник) 230 В
A7	Блок синхронизации	319.2	~ 400 В; 10 А 3 индикаторные лампы; синхроскоп
A8	Индуктивная нагрузка	324.2	3 x 0...40 ВАр
A9	Активная нагрузка	306.5	3 x 0...30 Вт / ~ 220 В
G1	Трехфазный источник питания	201.4.1	~ 400 В; 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	Цепь якоря 0...250 В ; 3 А Цепь возбуждения 200 В ; 1 А
G3	Возбудитель синхронной машины	209.3	0...40 В □; 3,5 А
G4	Машина переменного тока (в составе агрегата 100.1)		100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
G5	Преобразователь угловых перемещений (в составе агрегата 100.1)		6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Однофазный источник питания	218.9	~ 220 В; 16 А
M1	Машина постоянного тока (в составе агрегата 100.1)	101.1	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)

P1	Измеритель напряжений и частот	504.2	2 вольтметра 0...500 В ~2 частотомера 45...55 Гц; ~ 220 В
P2	Измеритель мощностей	507.4	~ 380 В / 1 А
P3	Указатель частоты вращения	506.5	2000...0...2000 мин ⁻¹
P4	Указатель угла нагрузки синхронной машины	505.5	180...0...180

Требования к отчету по лабораторной работе

Отчет должен содержать: титульный лист; содержание отчета; введение; краткие теоретические сведения; описание лабораторной установки; результаты лабораторной работы; заключение.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Долгов, А. П. Переходные режимы и устойчивость электроэнергетических систем: учебник / А. П. Долгов. — Новосибирск: НГТУ, 2022. — 258 с. — ISBN 978-5-7782-4678-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/306263> (дата обращения: 19.11.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: учеб. для электроэнерг. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1985. – 536 с.

Локальный электронный методический материал

Михаил Николаевич Кириллов
Александра Николаевна Назаркина

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Редактор И.В. Голубева

Уч.-изд. л. 1,5. Печ. л. 1,3.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1