

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 1÷5
по дисциплинам

СУДОВЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

и

СУДОВЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

для студентов и магистрантов специальностей
7.092201, 8.092201 - Электрические системы и
комплексы транспортных средств
7.092203, 8.092203 - Электромеханические
системы автоматики и электропривод

всех форм обучения

Севастополь
2006

Методические указания к лабораторным работам №1÷5
по дисциплинам «Судовые электроэнергетические системы и их эксплуатация» и «Судовые электроэнергетические системы» для студентов специальностей 7.092201, 7.092203 и магистрантов специальностей 8.092201, 8.092203 всех форм обучения /Разраб. С.А. Конева. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. -32 с.

Цель методических указаний: оказать помощь студентам всех форм обучения при выполнении **лабораторных работ** по дисциплинам «Судовые электроэнергетические системы и их эксплуатация», «Судовые электроэнергетические системы »

Методические указания утверждены на заседании кафедры «Судовые и промышленные электромеханические системы», протокол № 7 от 17 марта 2006 г.

Допущено учебно - методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: канд. техн., наук, доцент Шощкий А.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Лабораторная работа №1	5
Исследование системы стабилизации напряжения генератора постоянного тока	
2. Лабораторная работа №2	
Исследование тиристорной системы стабилизации напряжения генератора по- стоянного тока	10
3. Лабораторная работа №3	14
Исследование системы автоматического регулирования напряжения синхронного генератора	
4. Лабораторная работа №4	19
Исследование системы стабилизации напряжения фазового компаундирования	
5. Лабораторная работа №5	24
Исследование параллельной работы су- довых генераторов постоянного тока.	
Библиографический список	31

ВВЕДЕНИЕ

Методическое указание предназначено в качестве учебного пособия для выполнения лабораторных работ по курсу «Судовые электроэнергетические системы».

Содержание лабораторных работ включает вопросы, связанные с изучением режимов работы судовых генераторов переменного и постоянного тока и их систем автоматического регулирования; исследование влияния параметров генераторов, систем возбуждения и асинхронной нагрузки при их параллельной работе, изучение современных способов испытания электрооборудования и автоматики судовых электростанций (СЭС).

Выполнение лабораторных работ должно закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса, развить навыки экспериментального исследования, дать представления о методах наладки, настройки и эксплуатации электрооборудования судовой электростанции

Лабораторные работы выполняются бригадой студентов не более 3-4 человек. До выполнения лабораторных работ, проводится контрольная проверка подготовки студентов с использованием технических средств обучения. Задание на лабораторную работу включает, помимо вопросов, входящих в обязательную программу, вопросы, связанные с подготовкой и проведением самостоятельного исследования отдельных режимов работы электрооборудования СЭС.

По окончании каждой лабораторной работы оформляется отчет в виде протокола испытаний. Защита лабораторных работ производится бригадой, выполнявшей работы, с индивидуальным опросом каждого студента.

1. Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является исследование автоматических систем стабилизации напряжения генераторов постоянного тока: система компаундирования, а так же системы с угольным регулятором напряжения РУН и электромашинным усилителем.

2. Теоретическая часть

Работа генераторов постоянного тока (ГПТ) на переменную нагрузку судовой сети связана с изменением напряжения на их зажимах. В установившихся режимах при статическом изменении нагрузки, напряжение ГПТ изменяется незначительно, а в переходных режимах, при динамическом изменении нагрузки - значительно. Правила Морского Регистра допускают колебания напряжения ГПТ в пределах $\pm 2,5\% U_n$.

С целью поддержания напряжения в СЭЭС с заданной точностью при всех нагрузках ГПТ, как правило, снабжаются системой стабилизации напряжения (ССН) или автоматическим регулятором напряжения (АРН).

Находят применение ряд автоматических систем стабилизации напряжения ГПТ. Такими ССН, в частности, являются - система компаундирования ГПТ, система с угольным регулятором (РУН), системы с электромашинным усилителем (ЭМУ), электронные и тиристорные системы.

В данной работе исследуются система компаун-

дирования, системы с РУН и ЭМУ.

1. Система компаундирования находит применение для генераторов смешанного возбуждения, у которых последовательная обмотка возбуждения является автоматическим регулятором напряжения. Действительно:

$$U = E - I_{\text{я}}(R_{\text{я}} + R_{\text{по}}) = C_e n (\Phi_{\text{шо}} + \Phi_{\text{по}}) - I_{\text{я}}(R_{\text{я}} + R_{\text{по}}), \quad (1)$$

а магнитный поток последовательной обмотки возбуждения $\Phi_{\text{по}}$ пропорционален току нагрузки. В (1) U, E - напряжение и э.д.с. генератора, В; $I_{\text{я}}$ - ток якоря, А; $R_{\text{я}}, R_{\text{по}}$ - сопротивление обмотки якоря и последовательной обмотки возбуждения, Ом; n - скорость вращения якоря, об/мин; C_e - конструктивная постоянная; $\Phi_{\text{шо}}$ - магнитный поток шунтовой обмотки возбуждения, Вб.

Поэтому, при изменении нагрузки от холостого хода до номинальной, напряжение изменится незначительно. Схема надежна в работе и быстродействующая. Основным недостатком системы является зависимость ее работы от насыщения машины. Поэтому, такая система в чистом виде применяется для ГПТ сравнительно небольшой мощности.

2. Принцип работы системы с угольным регулятором РУН основан на изменении сопротивления угольного столба, включенного в цепь. Поскольку РУН обладает инерционностью, то стабилизация напряжения имеет колебательный характер. Для повышения затухающего процесса регулирования в РУН применен трансформатор стабилизации.

3. В работе исследуется ССН с ЭМУ поперечного поля. Последний используется в качестве воз-

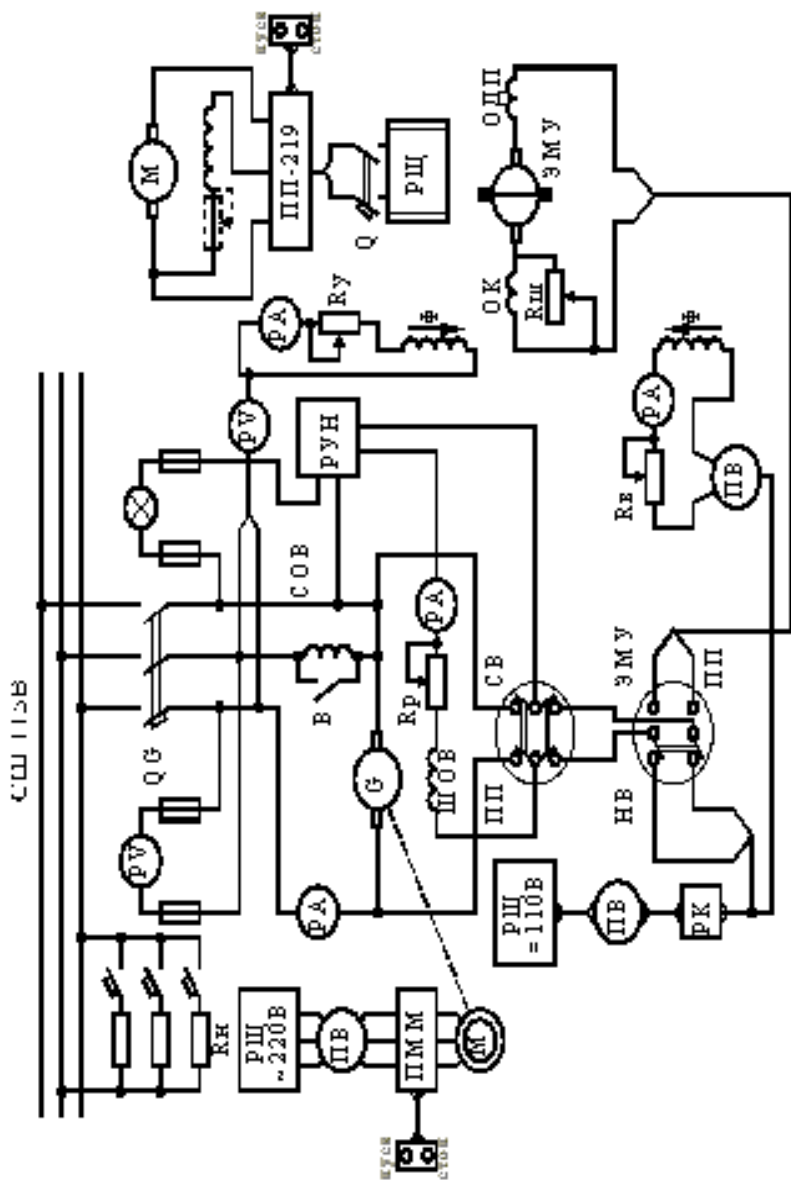


Рисунок 1.1. – Принципиальная схема установки с различными системами стабилизации

будителя ГПТ. При изменении напряжения генератора, автоматически изменяется напряжение на выходе ЭМУ, вследствие изменения его результирующего магнитного потока. В результате изменяется ток возбуждения ГПТ и, соответственно, напряжение генератора стабилизируется.

На рисунке 1.1 представлена принципиальная схема установки с тремя ССН компаундирования. Основными элементами установки являются: генератор П-51 $P_H=5\text{кВт}$, $U_H=115\text{В}$, $n=1450\text{об/мин}$.

Приводной асинхронный двигатель АМ52-4М $P_H=6\text{кВт}$, $U=220\text{В}$, $n=1425\text{об/мин}$.

ЭМУ-5П $P_H=0,35\text{кВт}$, $U=220\text{В}$, $n=2850\text{ об/мин.}$; автоматы и измерительные приборы.

3. Программа работы

1. Ознакомление с физической моделью электростанции и элементами исследования.

2. Исследование автоматических систем стабилизации напряжения.

3. Обработка результатов исследования и оформление отчета.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с физической моделью электростанций, каждая из которых состоит из автономного генераторного агрегата и распределительного устройства с коммутационной, защитной и измерительной аппаратурой.

2. Составить структурную схему каждой электростанции и изучить оперативные коммутации

для набора различных схем стабилизации напряжения.

3. Снять внешние и регулировочные характеристики генератора при независимом и параллельном возбуждении и установить отклонение напряжения генератора от первоначального значения.

Примечание - первоначальное напряжение задается преподавателем.

4. Произвести проверку и настройку каждой ССН, снять внешние и регулировочные характеристики генератора с различными системами стабилизации напряжения. (Для этого поочередно включаются соответствующие регуляторы).

5. Обработка результатов исследования

Обработка результатов исследования приводится в отчете, который должен содержать:

1. Структурные схемы различных систем стабилизации напряжения генераторов постоянного тока.

2. Технические данные генераторов, регистрирующих приборов и аппаратов.

3. Таблицы, осциллограммы, характеристики, полученные при выполнении исследований.

4. Сравнительный анализ работы ГПТ с различными системами стабилизации напряжения - по точности регулирования напряжения, сложности и надежности ССН, быстродействию.

Выполнение и оформление результатов лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

2. Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

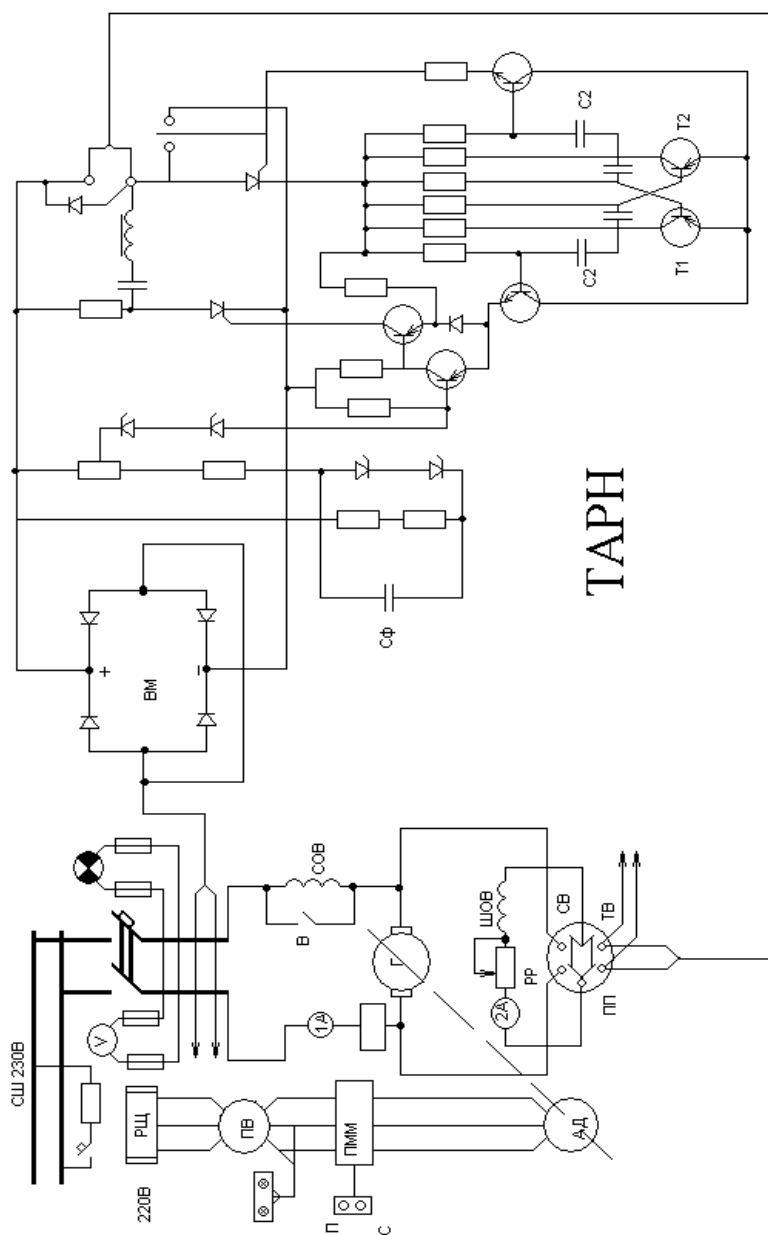
1. Цель работы

Целью лабораторной работы является исследование автоматической системы стабилизации напряжения ГПТ с тиристорным регулятором напряжения.

1. Теоретическая часть

При работе генератора постоянного тока на переменную нагрузку судовой сети, напряжение на их зажимах изменяется. В установившихся режимах, при статическом изменении нагрузки, напряжение ГПТ изменяется незначительно, а в переходных режимах, при динамическом изменении нагрузки - значительно. С целью поддержания напряжения СЭЭС с заданной точностью, при всех нагрузках ГПТ, как правило, снабжаются той или иной системой стабилизации напряжения. В данной работе исследуется тиристорная система. На рисунке 2.1 изображена принципиальная схема физической модели электростанции и тиристорного регулятора напряжения.

На электростанции установлены: генераторный агрегат, нагрузочное устройство и щит управления. Агрегат состоит из генератора постоянного тока типа П-51 $P_H=5\text{кВт}$, $n=1450$ об/мин. и приводного асинхронного двигателя АМ52-4М $P_H=6\text{кВт}$, $U=220\text{ В}$, $n=1425$ об/мин. Нагрузочное устройство представляет набор резисторов и реостатов. Тиристорная система включает выпрямительный мост VD1-VD4, тиристорный регулятор VS1-СК-LLк-VS2 и блок управления тиристорами БУТ. Выпрямительный мост применен для определения полярности на зажимах якоря генератора, напряжение ко-



того подается на тиристорный регулятор. Последний представляет собой триггер, состоящий из двух тириستоров: основного VS1 и вспомогательного VS2, а также коммутирующего конденсатора Ск, насыщенного дросселя LLк и зарядного сопротивления R.

БУТ включает в себя задающий генератор - симметричный мультивибратор (транзисторы VT1-VT1', конденсаторы C1-C1') и усилители-формирователи импульсов управления (УФ - повторитель на транзисторах VT2 и VT2', которые подключены к выходам задающего генератора через дифференцирующие цепочки C2-R3 и C2'-R3'). Импульсы на основной VS1 подаются прямо через транзистор VT2, а на VS2 с VT2 через ключ транзистор VT3, который в свою очередь управляет VT4. Последний, является элементом сравнения напряжения, снимаемого с органа-делителя R10-R11, включенного на напряжение генератора, и опорного напряжения-напряжения стабилитронов VS11-VS12. Изменение уставки по напряжению обеспечивается потенциометром R10.

Принцип работы тиристорной системы: - открывая, и закрывая тиристор VS1, можно изменить ток в обмотке возбуждения ГПТ и, тем самым, регулировать напряжение генератора. В частности, при подаче управляющего сигнала на VS1, последний открывается и ток в ОБ будет определяться приложенным напряжением.

Конденсатор Ск будет заряжаться. При подаче управляющего сигнала на VS2, последний откроется и подключит Ск к тиристор. Так как Ск будет иметь обратную полярность, то VS1 закроется, а конденсатор Ск перезарядится. В результате, VS1 открывается, а VS2 закрывается. Изменяя время открытия VS1, можно регулировать силу тока возбуждения и, следовательно, стабилизировать напряжение генератора.

3. Программа работы

Изучение физической модели электростанции и тиристорным регулятором напряжения.

Экспериментальное исследование тиристорной ССН.

Обработка результатов и оформление отчета.

4. Порядок выполнения работы

1. Составить структурную схему электростанции и изучить оперативные коммутации для набора рабочих схем при различных системах возбуждения.

2. Снять внешние характеристики генератора при независимом и параллельном возбуждении и установить отклонение напряжения от первоначального значения.

Примечание - Первоначальное напряжение задается преподавателем.

2. Снять регулировочные характеристики при независимом и параллельном возбуждении генератора.

3. Снять внешние характеристики генератора с включенной системой стабилизации напряжения.

5. Обработка результатов исследования

Результаты исследования приводятся в отчете, который должен содержать:

1. Структурную схему установки и системы стабилизации напряжения.

2. Технические данные генератора, регистрирующих приборов и аппаратов.

3. Таблицы, осциллограммы, характеристики, полученные при выполнении исследований.

4. Сравнительный анализ работы ГПТ в различных режимах работы по точности регулирования напряжения, сложности и надежности ССН, быстродействию.

Выполнение и оформление результатов лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

3. Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является исследование системы автоматического регулирования синхронного генератора.

2. Теоретическая часть

При работе основной СЭС, как правило, происходит непрерывное изменение нагрузки на генераторы. Эти изменения вызывают отклонения напряжения синхронного генератора (СГ), что ведёт к ухудшению качества вырабатываемой электроэнергии СЭС. Особенно резко проявляются колебания напряжения СГ при динамических и аварийных режимах работы: набросе и сбросе нагрузки, внезапном отключении одного из параллельно работающих СГ, коротком замыкании в отдельных звеньях системы. Для восстановления напряжения в системе после его снижения в любых режимах, необходимо произвести изменение возбуждения СГ. В данной СЭС это изменение осуществляется модернизированной системой фазового компаундирования. На неё возлагаются следующие функции:

а) поддержание заданного уровня напряжения на зажимах СГ при изменении нагрузки от холостого до номинальной;

б) увеличение (форсировка) возбуждения генераторного агрегата (ГА) при к.з. и аварийных снижениях напряжения, а также для повышения статической и динамической устойчивости системы;

в) облегчение пуска короткозамкнутого АД мощностью, соизмеримой с мощностью ГА.

На рисунке 3.1 изображена схема физической модели судовой электроэнергетической системы. В состав системы входят: генераторный агрегат СГ-ТГ-ПД, нагрузочный агрегат АД-ГПТ- R_n , система фазового компаундирования ОВГ-ТФК-TV1-ТА2, комплекс коммутационной, пусковой, защитной и измерительной аппаратуры. Нагрузочный агрегат состоит из приводного асинхронного двигателя АД $R_n=2,2\text{кВт}$, $U=380/220\text{В}$, $n=1480\text{об/мин}$ и ГПТ $R_n=2,2\text{кВт}$, $U_n=220\text{В}$, $n_n = 1450 \text{ об/мин}$. Нагрузкой ГПТ является система резисторов R_n .

3. Программа работы

Ознакомление с экспериментальной установкой.

Экспериментальное исследование САРН в эксплуатационных режимах работы ГА.

Обработка результатов исследования и оформление отчёта.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с физической моделью электроэнергетической системы и составить её принципиальную схему.

2. Изучить назначение и работу всех звеньев системы, отработать оперативные коммутации для набора схем при различных режимах работы электроэнергетической системы. Подготовить систему к работе, для чего необходимо поставить:

2.1. Аппараты - 1ПП, 2ПП, 3ПП, 4ПП, А, A_1-A_4 в положение "Выкл"; П2 в положение "СГ"; реостат R_p -

против часовой стрелки до упора, остальные аппараты в нерабочем состоянии.

2.2. На ГРЩ включить соответствующие автоматы (6А и 7А), чтобы на стенде горели указатели " $\sim 220\text{В}$ " и " $=220\text{В}$ ".

3. Снять внешнюю характеристику синхронного генератора без САРН, для чего:

3.1. Пустить в ход агрегат ПД–СГ; нажав кнопку "Пуск ПД". С помощью реостата R_p установить номинальную частоту вращения СГ. Затем, поставить ПП2 в положение "НВ" и с помощью импульсного включателя ИВ и реостата $R_{всг}$ возбудить СГ. Развить напряжение до $U=225\text{В}$, поддерживая частоту напряжения $f=52\text{Hz}$ и записать эти параметры холостого хода.

3.2. Замкнуть автомат АН, поставить П2 в положение "Сеть", запустить АД, нажав кнопку "Y", и, восстановив частоту $f=52\text{ Hz}$, снять параметры (U , I) СГ. После этого перевести переключение АД "в треугольник", нажав кнопку " Δ ", и, установив реостатом R_p частоту $f=52\text{ Hz}$, снять значения напряжения и тока СГ. Далее, поставив 1ПП в положение "НВ", возбудить ГПТ и, поочередно замыкая автоматы 1А÷4А и каждый раз устанавливая реостатом R_p частоту $f=52\text{Hz}$, снять параметры напряжения и тока СГ. Измерения внести в таблицу.

4. Снять нагрузку с СГ путем последовательного размыкания автоматов 1А÷4А и отключения АД, нажав кнопку "Стоп". После этого разомкнуть автомат АН, а 1ПП поставить в нейтральное положение.

5. Снять внешнюю характеристику СГ при подключенной САРН. Для этого 2ПП поставить в положение "СВ", 3ПП - в положение "ТФК" и замкнуть 4ПП.

Затем установить напряжение СГ $U=225\text{В}$ и его частоту $f=52\text{ Hz}$, записав значения в таблицу. После этого все операции выполнить согласно п.3.2. Если после снятия характеристики $U=f(I)$ без САРН был остановлен агрегат ПД–СГ, то для снятия $U=f(I)$ с включенной САРН надо все операции выполнить согласно пунктам 3.1 и 3.2.

После пуска агрегата, 2ПП поставить в положение "СВ", 3ПП в положение "ТФК" и замкнуть 4ПП. И в этом случае все измерения внести в таблицу.

5. Обработка результатов

Обработка результатов исследования приводится в отчете, который должен содержать:

1. Принципиальную схему модели СЭЭС с системой стабилизации напряжения.

2. Основные параметры машин и аппаратов.

3. Таблицы измерений и внешние характеристики генераторов, построенные по данным эксперимента.

4. Сравнительный анализ работы системы по качеству электроэнергии, вырабатываемой установкой и выводы по работе.

Выполнение и оформление результатов лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

4. Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ФАЗОВОГО КОМПАУНДИРОВАНИЯ

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является установление назначения каждого элемента системы управляемого амплитудно - фазового компаундирования, а так же получение характеристик как отдельных элементов, так и всей системы автоматического регулирования напряжения синхронного генератора.

2. Теоретическая часть

Задача обеспечения стабилизированного напряжения источников электрической энергии в судовой электроэнергетической системе, приводит к необходимости использовать в судовых условиях системы автоматического регулирования напряжения генераторов как постоянного, так и переменного тока. Основная задача таких систем - поддержание напряжения в заданных пределах при различных нагрузках. Для судовых генераторов такие системы выбирают в зависимости от тех требований, которые предъявляются к электроэнергетической системе с учетом условий эксплуатации.

В настоящее время, для регулирования напряжения синхронного генератора, широко применяется система фазового компаундирования, которая позволяет осуществить регулирование по двум основным возмущающим воздействиям: по модулю и по фазовому углу, относительно напряжения. Для повышения точности регулирования система имеет корректор напряжения, который уменьшает влияние всех второстепенных воздействий.

На рисунке 4.1 представлена схема физической модели судовой электроэнергетической системы. В состав системы входят: машинный агрегат, состоящий из синхронного генератора GS и приводного двигателя M, блок регулирования частоты БРЧ, односетевой пускатель ПП, система фазового компаундирования с трансформатором фазового компаундирования ТФК, магнитным усилителем МУ и выпрямительным блоком UZ. В качестве нагрузки применены асинхронный электродвигатель M1, трансформатор TV1 и резисторы R.

Двигательная часть системы обеспечивает пуск и остановку машинного агрегата, защиту двигателя от перегрузок и стабилизацию частоты вращения дизель-генератора. Стабилизация частоты вращения двигателя в различных режимах работы осуществляется изменением тока возбуждения. Генератор работает в режиме самовозбуждения. Обмотка возбуждения питается напряжением генератора через систему фазового компаундирования.

Основным элементом схемы компаундирования являются трансформатор TV с подмагничиванием постоянным током трансформаторы тока ТА. Вторичные обмотки последних выполняют одновременно функции компаундирования. Параллельно первичной обмотке TV включены конденсаторы C с емкостным сопротивлением, приблизительно равным реактивному сопротивлению вторичных обмоток трансформаторов тока. При этих условиях температурные изменения сопротивления обмотки возбуждения практически не влияют на величину протекающего по ней тока.

Для обеспечения надежного возбуждения генератора при пуске, на обмотку возбуждения подается через диод (на схеме не показан) небольшое начальное подмагничивание. Когда генератор нормально возбудится, диод запирается, т.к. напряжение на обмотке возбуждения будет

при этом значительно превышать напряжение начального подмагничивания.

Магнитный усилитель МУ служит для усиления сигналов, поступающих от измерительных органов, и состоит из двух сердечников, рабочих обмоток, обмотки управления, обмотки стабилизирующей, обмотки обратной связи и диодов. Для получения требуемых показателей качества переходного процесса, МУ охвачен гибкой отрицательной обратной связью. Сигнал гибкой обратной связи снимается с дополнительной обмотки управления трансформатора TV и через сглаживающий дроссель подается на стабилизирующую обмотку МУ.

В состав системы входят: генератор ПТН-45:

$P_H = 2,6 \text{ кВт}$, $U_H = 230\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$, $n_H = 1500\text{об/мин}$, $I_H = 17,7\text{А}$;

Приводной двигатель: ПТН-45: $P_H = 3,4\text{кВт}$, $U_H = 220\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$, $I_H = 18,7\text{А}$, $n_H = 1500\text{об/мин}$. Пускатель ПП-2154: $I = 80\text{А}$, $U_H = 175/380\text{В}$, $P_B\% = 40\%$.

Автоматы АЕ2016-10НУЗ: $U_H = 380\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$, $I_{отс.} = 12I_{ном}$.

Нагрузка: асинхронный двигатель М-АОП-25-4: $P_H = 0,75\text{кВт}$, $U_H = 220\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$, $I_H = 1,3\text{А}$, $n_H = 1400\text{об/мин.}$, трансформатор TV1 и резисторы R_H .

Измерительные приборы: амперметры - Д1600 20А с ТА 20/5; М1500 10А, вольтметр Д1500 250В, частотомер - Д1600 45-55 Гц, фазометр Э-160, 220В, 5А с ТА 100/5, ваттметр И1604 с TV 380/127В и ТА 100/5.

3. Программа работы

1. Ознакомиться с физической моделью электростанции элементами эксперимента.

2. Экспериментальное исследование ССН в эксплуатационных режимах работы ГА.

Обработка результатов и оформление отчета.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться и составить принципиальную схему физической модели электроэнергетической системы.

2. Изучить оперативные коммутации для набора схем при различных режимах исследования.

3. Снять внешнюю и регулировочную характеристики генератора при независимом возбуждении и отключенной ССН, изменяя нагрузку в статическом режиме. Установить отклонения напряжения и тока возбуждения от первоначальных значений. Все измерения занести в таблицу.

Примечание - Первоначальное напряжение задается преподавателем.

4. В статическом режиме снять внешнюю и регулировочную характеристики генератора с самовозбуждением СВ и включенной системой фазового компаундирования. Установить отклонения напряжения и тока возбуждения от первоначальных значений.

Примечание - Первоначальное напряжение и его частота устанавливаются те же, что и в п.3.

5. Обработка результатов исследования

1. Обработка результатов исследования приводится в отчете, который должен содержать:

2. Структурную схему установки и системы стабилизации напряжения, технические данные генератора, регистрирующих приборов и аппаратов.

3. Таблицы, характеристики, полученные при выполнении исследований.

4. Выводы по работе - сравнительный анализ работы системы по качеству регулирования.

Выполнение и оформление результатов лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

5. Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СУДОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является исследование параллельной работы генераторов постоянного тока при различных системах возбуждения

2. Теоретическая часть

В судовых электростанциях постоянного тока предусматривается параллельная работа генераторов, которая позволяет:

а) производить перевод нагрузки с одного генератора на другой без перерыва питания потребителей;

б) лучше использовать установленную мощность судовой электростанции;

в) упрощать схемы распределения электроэнергии по кораблю.

Осуществление параллельной работы ГПТ возможно при выполнении следующих основных условий:

а) соблюдение правильной полярности включения генераторов;

б) равенство напряжений генераторов;

в) сходство внешних характеристик генераторов, необходимое для пропорционального распределения нагрузок.

Однако при эксплуатации ГПТ нередко возникают отдельные неисправности, которые затрудняют выполнение параллельной работы генераторов. Рас-

смотрим наиболее характерные из них, а также методы их устранения:

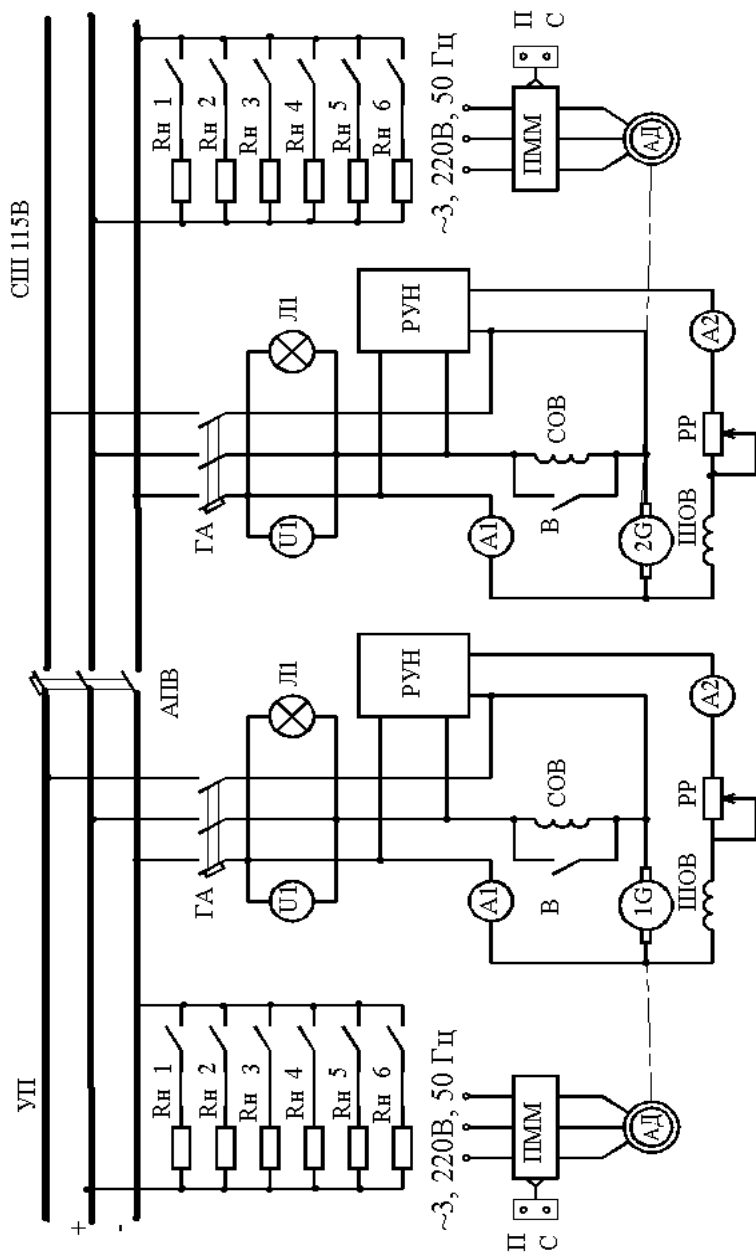
1. Смещение щеток с физической нейтрали генератора, вызывающее искрение на коллекторе.

Для устранения этого явления необходима установка щеток на нейтраль машины. С этой целью, параллельно якору генератора подключается вольтметр с нулем по середине шкалы. При неподвижной машине производится включение и отключение источника низкого напряжения к параллельной обмотке возбуждения с подключенным к ней разрядным сопротивлением. При щетках, сдвинутых с физической нейтрали, стрелка вольтметра отклоняется от нулевого положения при включении в одну сторону, а при отключении – в другую сторону. Поворотом траверзы в ту или иную сторону добиваются такого положения щеток, при котором отклонения стрелки вольтметра прекращаются.

2. Отсутствие начального самовозбуждения генератора. При пуске агрегата генератор не возбуждается. Причиной этого могут быть: - сопротивление цепи возбуждения больше критического, ослаблены контакты в цепи возбуждения, размагничивание машины.

Для устранения этих причин необходимо проверить надежность контактов и правильность включения обмотки возбуждения, уменьшить сопротивление регулировочного реостата. Если после этого генератор при отключенной нагрузке не возбуждается, следует подать питание в обмотку возбуждения от постороннего источника постоянного тока (кратковременно).

3. Внешние характеристики генераторов $U=f(I_B)$ неидентичные.



По правилам Морского Регистра расхождение характеристик допускается таким, при котором нагрузка между параллельно работающими генераторами распределилась бы пропорционально их мощности, а отклонение не превосходило $0,1P_n$.

Для того чтобы убедиться в идентичности характеристик, необходимо построить их по опытным данным. Опыт производится отдельно для каждого генератора. Генераторы предварительно нагружаются номинальным током. При этом устанавливается необходимая сила тока возбуждения. После этого генератор разгружается при неизменном токе возбуждения. По полученным данным строятся внешние характеристики генераторов.

Если характеристики имеют разный наклон, их надо сблизить, смещая щетки генераторов с нейтрали на небольшой угол. При этом надо иметь ввиду, что при смещении щеток с нейтрали в сторону вращения, наклон внешних характеристик увеличится, а при смещении в противоположную сторону - наклон уменьшается.

При параллельной работе генераторов смешанного возбуждения и генераторов большой мощности, имеющих параллельное или независимое возбуждение, в схему коммутации вводится уравнильный провод между якорями генераторов. Введение уравнильного провода повышает равномерность распределения нагрузки между параллельно работающими генераторами и резко снижает силу уравнительного тока, а у генераторов с жесткими внешними характеристиками - повышает устойчивость параллельной работы.

Для повышения качества электроэнергии, особенно в системах с переменным характером нагрузки, ГПТ снабжаются автоматической системой регу-

лирования напряжения. Поэтому в лабораторной работе предусматривается исследование параллельной работы генераторов, имеющих САРН. Результаты этих исследований необходимо сравнить с результатами исследований ГПТ не имеющих автоматических регуляторов напряжения. На рисунке 5.1 представлена принципиальная схема физической модели электростанции постоянного тока. В состав электростанции входят: два генераторных агрегата ГПТ-АД, нагрузочные резисторы R_H , комплекс коммутационной, защитной, регулировочной и измерительной аппаратуры. В качестве автоматических регуляторов напряжения применены РУН и ЭМУ поперечного поля. Генераторные агрегаты состоят из ГПТ серии П-51 $P_H=5\text{кВт}$, $U_H=115\text{В}$ и $n_H=1450$ об/мин и приводного двигателя серии АМ62-4М $P_H=6\text{кВт}$, $U_H=220\text{В}$ и $n_H=1420$ об/мин. Генераторы могут работать в независимом, параллельном и смешанном возбуждении, причем как с ручной, так и с автоматической регулировкой возбуждения.

3. Программа работы

1. Ознакомление с физической моделью электростанции и элементами исследования.

2. Подготовка электростанции к работе и настройка ее элементов.

3. Исследование параллельной работы ГПТ при различных системах возбуждения

4. Обработка результатов и оформление отчета.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с физической моделью судовой электростанции, составить принципиальную схему

СЭЭС, изучить порядок оперативных коммутаций для набора различных режимов работы.

2. Проверить, чтобы все рукоятки, переключатели и автоматы находились в положении “выкл”.

3. Подготовить электростанцию к работе и произвести настройку ее элементов. Для чего:

- кнопкой “пуск” запустить приводной асинхронный двигатель (АД), тем самым приведя во вращение ротор ГПТ;

- регулятором РР, воздействуя на ток возбуждения генератора добиться, чтобы напряжение достигло значения 115В. При этом, регулятор способов возбуждения должен стоять в одном из положений: – самовозбуждение (СВ) или независимое возбуждение (НВ);

- подать напряжение на шины с помощью генераторного автомата ГА.

4. Снять и построить внешние характеристики каждого генератора для различных систем возбуждения. Для этого необходимо автоматами АН постепенно вводить нагрузку, снимая значения напряжения генератора U_g и тока нагрузки I_n .

5. Выполнить условия, необходимые для включения генераторов на параллельную работу, произвести включение автоматом АПВ, после чего снять внешние характеристики при следующих условиях:

- а) при включенном уравнительном проводе (АПВ в положении “вкл”);

- б) при отключенном уравнительном проводе;

В обоих случаях произвести перевод нагрузки с одного генератора на другой, т.е. регулятором РР уменьшая ток возбуждения одного ГПТ, на столько же увеличивать ток возбуждения другого генератора.

6. Изменением положения траверзы генераторов добиться максимально возможного совпадения внешних характеристик генераторов. Проверить распределение нагрузки между параллельно работающими генераторами, затем произвести перевод нагрузки с одного генератора на другой.

7. Оценить режим параллельной работы генераторов при:

- изменении возбуждения одного из генераторов;
- обрыве цепи уравнительного провода.

8. Исследовать параллельную работу генераторов при наличии автоматических регуляторов напряжения:

а) снять внешние характеристики каждого генератора и установить статизм внешних характеристик;

в) проверить распределение нагрузки между параллельно работающими генераторами и произвести перевод нагрузки с одного генератора на другой.

ВНИМАНИЕ - При включении на параллельную работу генераторы должны иметь одинаковый способ (СВ, НВ) и систему возбуждения (смешанную и параллельную).

5. Обработка результатов исследований

Обработка результатов исследований приводится в отчете, который должен содержать:

1. Принципиальную схему модели электростанции с указанием технических данных генераторных агрегатов, коммутационной и защитной аппаратуры, электроизмерительных приборов.

2. Результаты исследований параллельной работы генераторов с описанием физических процессов, сопровождающих различные режимы работы.

3. Таблицы всех измерений и наблюдений.

4. Внешние характеристики как отдельно работающих генераторов, так и после их включения на параллельную работу для всех видов исследований.

5. Анализ полученных результатов исследований с рекомендациями наиболее эффективного метода распределения нагрузки между параллельно работающими генераторами, а также оценка устойчивости параллельной работы генераторов.

Выполнение и оформление результатов лабораторной работы рассчитано на 4 часа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы /А.П. Баранов.- Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1988. – 328 с.

2. Воскобович В.Ю. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств / В.Ю. Воскобович, Т.Н. Корнилова, В.А. Павлова. – СПб.: «Элмор», 2001.–384 с.

3. Константинов В.Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок / В.Н. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 312 с.

4. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах/ Ю.А. Куликов. – М.: Мир, 2003. – 283 с.

5. Никифоровский Н.Н. Судовые электрические станции /Н.Н. Никифоровский, Б.И. Норневский. – М.: Транспорт, 1984. – 431 с.

6. Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистр судоходства.– СПб.: Регистр РФ, 2001. – 843 с.

Заказ № _____ от « ____ » _____ 2006_ Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ