**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8**

**РУЧНОЕ/АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМИ РЕЖИМАМИ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО ПАРАЛЛЕЛЬНО С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ БЕСКОНЕЧНОЙ МОЩНОСТИ**

**1 Цель работы**

Рассмотреть асинхронные режимы работы синхронного генератора, работающего параллельно с электрической системой бесконечной мощности. Для этого перегрузим генератор по активной мощности, вызвав потерю его устойчивости, и смоделируем потерю генератором возбуждения.

**2 Теоретическая часть**

Системой бесконечной мощности, к которой подключается синхронный генератор, называется такая система, которая характеризуется неизменностью напряжения на шинах по амплитуде и частоте, т.е.  и . Практически это означает, что суммарная мощность всех синхронных генераторов, работающих в этой сети настолько велика по сравнению с мощностью подключаемого синхронного генератора, что изменение режима работы подключаемого генератора не влияет на напряжение и частоту сети.

Синхронная машина может работать в режиме генератора или в двигательном режиме. У генератора вектор  опережает вектор . Угол нагрузки  между векторами ЭДС  и напряжения  машины – считают положительным. У двигателя вектор  отстает от вектора . Угол нагрузки  – отрицательным.

**Статическая устойчивость** – *это способность системы сохранять исходный режим при воздействии малых возмущений или режим, близкий к исходному, если возмущение не снято*. Статическая устойчивость – это абсолютное требование, и она должна обеспечиваться всегда в нормальном и послеаварийном режиме. Иллюстрация статической устойчивости для механической системы приведена на рисунке 8.1. При этом: вид возмущения, величина возмущения, длительность возмущения, место возмущения не имеют значения.



Рисунок 8.1 – Статическая устойчивость для механической системы

Изменение активной мощности синхронной машины происходит за счет изменения механического вращающего момент на ее валу от поступления воды или пара в турбину.

Мощность синхронной машины *Р* зависит от угла нагрузки . Зависимость  при  и  называется ***угловой характеристикой активней мощности синхронной машины***.

Изучение этой зависимости позволяет выяснить ряд важных свойств синхронной машины. Для простоты предположим, что машина является неявнополюсной и тогда мощность равна:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , | (8.1) |

где *Е*, *U* – соответственно ЭДС генератора и напряжение сети;  – синхронное индуктивное сопротивление обмотки статора;  – угол между векторами ЭДС и напряжения.

Зависимость  равенство (8.1) представляет собой синусоиду. Ее часть, расположенная выше оси абсцисс (), соответствует режиму работы генератором, а часть, расположенная ниже оси абсцисс (), – режиму работы двигателем. Активная мощность тем больше, чем больше *Е* и ток возбуждения машины, чем больше *U* и чем меньше .

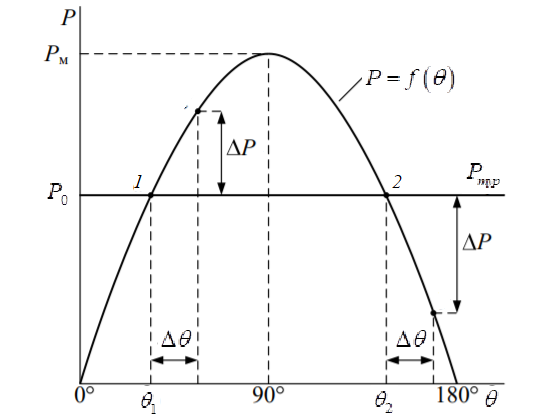


Рисунок 8.2 – Угловая характеристика активной мощности

В установившемся режиме работы генератора механическая мощность , приложенная к валу генератора со стороны турбины, равна электрической мощности , отдаваемой генератором в сеть, т.е. .

Таким образом, в установившемся режиме на вал энергоагрегата действуют два одинаковых по абсолютной величине, но противоположных по направлению вращающих момента: ускоряющий механический момент турбины и тормозящий электромагнитный момент генератора. Аналогами этих моментов, используемыми в электроэнергетике, являются механическая мощность турбины  и электрическая мощность генератора  (см. рисунок 8.2). Отклонение любой из этих мощностей (моментов) от установившегося значения отражается в виде появления небаланса мощностей (моментов)  на валу, под действием которого ротор генератора будет ускорять либо замедлять свое вращательное движение. Соответственно, величина угла  будет увеличиваться или уменьшаться.

Мощность  не зависит от угла  и поэтому изображена на рисунке 8.2 горизонтальной прямой, которая пересекается с характеристикой электрической мощности  в точках *1* и *2*.

В этих точках , и, следовательно, обе они могли бы соответствовать нормальному установившемуся режиму работы. Однако устойчивой является только работа в точке *1*.

Если при работе в точке *1* рисунок 8.2 в результате небольшого случайного преходящего возмущения угол  увеличится на , то электрическая мощность генератора соответственно увеличится на величину  и будет превышать мощность турбины, что нарушит равенство моментов , действующих на вал, причем тормозящий электромагнитный момент генератора окажется больше ускоряющего момента турбины . Под действием избыточного тормозящего момента начнется замедление движения ротора, сопровождаемое уменьшением угла и отдаваемой в сеть активной мощности генератора. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока не восстановится равенство ускоряющего и тормозящего моментов, то есть пока система не возвратится к исходному режиму, характеризуемому точкой *1*.

Если при работе в точке *1* угол  в результате случайного возмущения уменьшится, то при прекращении действия этого возмущения генератор также вернется в режим работы в точке *1*.

Если же при работе в точке *2* рисунок 8.2 угол  увеличится на , то мощность генератора будет на  меньше мощности турбины. Соответственно ускоряющий механический момент турбины окажется больше тормозящего электромагнитного момента генератора, вследствие чего ротор генератора будет ускоряться, угол  возрастет еще больше и т.д. Дальнейшее развитие процесса имеет лавинообразный характер в результате генератор выйдет из синхронизма или при благоприятных условиях перейдет в устойчивый режим работы на последующих положительных полуволнах синусоиды кривой угловой характеристике активной мощности.

Если же при работе в точке *2* угол  уменьшится, то вследствие нарушения баланса мощностей этот угол будет уменьшаться и далее, пока этот баланс не восстановится в точке *1*. За счет большего тормозящего момента электромагнитного момента генератора над ускоряющим механическим моментом турбины.

Таким образом, работа генератора устойчива в области  и неустойчива в области .

Исходя из определения статической устойчивости системы, можно заключить, что существует такой режим, при котором очень малое увеличение нагрузок вызывает нарушение его устойчивости. Такой режим называют предельным, а нагрузки системы максимальными или предельными нагрузками по условиям статической устойчивости.

Очевидно, что в условиях эксплуатации генератор не следует загружать до предельной мощности , так как любое незначительное отклонение параметров режима может привести к потере синхронизма и переходу генератора в асинхронный режим. На случай появления непредвиденных возмущений предусматривается запас по загрузке генератора, характеризуемый коэффициентом запаса статической устойчивости

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | . | (8.2) |

Руководящими указаниями по устойчивости энергосистем предписано, что в нормальных режимах энергосистем должен обеспечиваться запас, соответствующий коэффициенту .

В кратковременных послеаварийных режимах должен обеспечиваться запас . При этом под кратковременными понимаются послеаварийные режимы длительностью до 40 минут, в течение которых диспетчер должен восстановить нормальный запас по статической устойчивости.

**Асинхронные режимы**

В нормальном режиме работы на вал турбогенератора, как говорилось ранее, действует два момента: момент турбины , вращающий ротор генератора и стремящийся ускорить его вращение, и синхронный электромагнитный момент , противодействующий вращению ротора. Синхронный электромагнитный момент возникает в результате взаимодействия вращающегося магнитного поля статора с полем ротора, вращающимся в ту же сторону и с той же частотой вращения, что и поле статора. В данном случае магнитное поле ротора создается за счет прохождения по его обмотке постоянного тока от возбудителя.

*Синхронный режим работы.* Равенство моментов , действующих на вал генератора, и частот вращения магнитных полей статора и ротора определяет синхронный режим работы генератора, при этом скольжение, т.е. опережение ротором поля статора, равно нулю.

*Асинхронный режим работы*. Асинхронный режим возникает вследствие нарушения баланса моментов, действующих на вал генератора .

В энергосистемах возникают асинхронные режимы двух видов:

1) асинхронный режим невозбужденного генератора – при потере возбуждения;

2) асинхронный режим возбужденного генератора – нарушение устойчивости.

**Потеря возбуждения синхронного генератора**.

Полная потеря возбуждения происходит в случаях: ошибочного отключения АГП, обрыва или КЗ в силовой цепи обмотки возбуждения генератора, повреждения возбудителя или элементов схемы цепей возбуждения, при переходе на резервный возбудитель, ошибках персонала и т.д.

При потере возбуждения генератор переходит в асинхронный режим. При этом по мере снижения синхронного электромагнитного момента , создававшегося до этого током в обмотке ротора, для поддержания магнитного поля генератор – начинает потреблять реактивную мощность из сети.

Равновесие между уменьшающимся до нуля синхронным электромагнитным (тормозным) моментом  и вращающим моментом турбины  нарушается (), и частота вращения генератора начинает возрастать сверх синхронной.

Регулирование турбины при этом уменьшает впуск пара в турбину и позволяет сохранить нормальную скорость вращения, вследствие чего активная нагрузка турбоагрегата несколько снижается. Однако опережение ротором магнитного поля статора останется, и это приведет к тому, что в замкнутых контурах ротора (клиньях, зубцах, обмотке ротора, если она окажется замкнутой, например, на резистор самосинхронизации) появятся переменные токи, имеющие частоту скольжения. Взаимодействие магнитных полей этих переменных токов с магнитным полем статора создаст на валу турбогенератора асинхронный электромагнитный момент , тормозящий ротор.

Установившийся асинхронный режим наступает при равенстве асинхронного электромагнитного момента генератора и момента вращения турбины , в этом режиме генератор выдает в сеть активную и потребляет из сети реактивную мощность.

В асинхронном режиме значительно понижается напряжение на выводах статора генератора. Прохождение переменного тока в замкнутых контурах ротора вызывает потери, увеличивающие нагрев ротора.

Допустимая длительность асинхронных режимов работы генераторов зависит от различных факторов, а также от их конструктивных особенностей (систем охлаждения). Например, генераторы с косвенным охлаждением вне зависимости от охлаждающей среды могут работать в асинхронном режиме не более чем 30 мин с нагрузкой до 0,6 номинальной.

Сохранение в работе генератора, потерявшего возбуждение, возможно только в тех случаях, когда в энергосистеме существует необходимый резерв реактивной мощности, обеспечивающий поддержание напряжения в узловых точках, энергосистемы.

**Асинхронный режим с возбуждением** возникает при нарушении устойчивости, когда угол между векторами ЕДС генератора и напряжения сети меняется в пределах от 0 до 360°, т.е. имеют место несинхронные повороты ротора относительно статора.

*Статическая устойчивость* синхронной машины, работающей параллельно с сетью, – это способность сохранять синхронное вращение *(n2=n1)* при изменении внешнего вращающего момента турбины  или тормозного синхронного электромагнитного момента .

Для асинхронного режима с возбуждением характерно наличие на валу турбогенератора двух электромагнитных моментов – синхронного  и асинхронного . Алгебраическое суммирование их в каждый период времени с моментом турбины  приводит к появлению на валу знакопеременного результирующего момента вращения, при этом турбогенератор будет работать с переменным по знаку скольжением, переходя то в генераторный режим, выдавая мощность в сеть, то в двигательный режим, потребляя ее из сети.

Такой режим работы сопровождается значительными колебаниями (качаниями) токов, активной и реактивной мощности между генератором, выпавшим из синхронизма, и всеми другими параллельно работающими генераторами энергосистемы.

Судить о том, возник ли асинхронный режим работы турбогенератора в результате полной потери возбуждения или нарушения устойчивости параллельной работы, по показаниям измерительных приборов, можно только при наличии достаточно практического опыта.

Однако вполне очевидно, что, если колебания стрелок приборов появились во время выполнения каких-либо действий с цепями возбуждения, устройством автоматического регулирования возбуждения (АРВ), а также при подъеме активной нагрузки, необходимо вернуть соответствующие устройства в исходное положение и полностью поднять возбуждение генератора, если это не было обеспечено действием устройства АРВ. Если при этом колебания значений токов, мощности и напряжения не будут затухать, следует приступить к разгрузке турбогенератора по активной мощности вплоть до появления признаков втягивания его в синхронизм.

**Влияние тока возбуждения на устойчивость**. Устойчивость генератора при заданном значении активной мощности, отдаваемой в сеть, зависит от тока возбуждения. При увеличении тока возбуждения возрастает ЭДС *Е*, а, следовательно, и предельная мощность ; при этом увеличивается устойчивость машины.

На рисунке 8.3 изображены угловые характеристики при различных токах возбуждения (при различных *Е*), откуда следует, что чем больше ток возбуждения, тем меньше угол  при заданной нагрузке, и тем больше коэффициент запаса статической устойчивости.

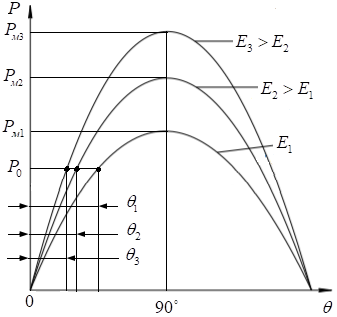


Рисунок 8.3 – Угловая характеристика активной мощности при различных значениях *Е*

Поэтому существует возможность возвратить генератор в синхронный режим работы путем увеличения его тока возбуждения. В современных синхронных генераторах широко применяют автоматическое регулирование тока возбуждения для стабилизации напряжения и повышения статической устойчивости при изменении нагрузки.

Асинхронный режим не допустим в связи с опасностью нарушения устойчивости остальной части системы, в которой мощный генератор или группа генераторов работает асинхронно.

В данной лабораторной работе моделируется одномашинная электрическая система, работающая параллельно с электрической системой бесконечной мощности. Эксперимент позволяет в ручном или автоматизированном режиме (с помощью специальной компьютерной программы) подключить синхронный генератор к электрической системе по способу точной или самосинхронизации, нагрузить генератор активной и реактивной мощностями, перегрузить генератор по активной мощности, вызвав потерю его устойчивости, и рассмотреть асинхронный режим работы. Имеется возможность также смоделировать потерю генератором возбуждения.

**3 Оборудование**

Таблица 8.1 – Перечень аппаратуры, используемой в лабораторной работе № 8

| Обозначение | Наименование | Тип | Параметры |
| --- | --- | --- | --- |
| А1 | Трехполюсный выключатель | 301.1 | 400 В ~; 10 А |
| A2 | Трехфазная трансформаторная группа | 347.3 | 3×80 В⋅А (звезда) / 220, 225, 230 В / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В |
| А3 | Модель линии электропередачи | 313.2 | 400 В ~; 3 × 0,5 А |
| A4 | Трехфазная трансформаторная группа | 347.4 | 3×80 В⋅А / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В / (треугольник) 220, 225, 230 В |
| A5 | Блок синхронизации | 319 | 400 В ~; 10 А  3 индикаторные лампы;  синхроноскоп |
| А6 | Блок измерительных трансформаторов  тока и напряжения | 401.1 | 600 В / 3 В  (тр-р напряж.)  0,3 А / 3 В  (тр-р тока) |
| А7 | Терминал | 304 | 6 розеток с  8 контактами;  6×8 гнезд |
| А8 | Блок ввода-вывода цифровых сигналов | 331 | 8 входов типа  «сухой контакт»;  8 релейных выходов |
| А9 | Коннектор | 330 | 8 аналог. диф. входов;  2 аналог. выхода;  8 цифр. входов/  выходов |
| А10 | Персональный компьютер | 550 | IBM совместимый,  Windows 95-XP,  монитор, мышь, клавиатура,  плата сбора информации  PCI 6024E |
| G1 | Трехфазный источник питания | 201.2 | 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 | Источник постоянного напряжения | 214.1 | 0…125 В −; 3 А |
| G4 | Машина переменного тока | 102.1 | 100 Вт / ~ 230 В /  1500 мин−1 |
| G5 | Преобразователь угловых перемещений | 104 | 6 вых. каналов / 2500 импульсов  за оборот |
| M1 | Машина постоянного тока | 101.2 | 90 Вт / 220 В /  0,56 А (якорь) /  2×110 В / 0,25 А (возбуждение) |
| P1 | Измеритель мощностей | 507.2 | 15; 60; 150; 300; 600 В /  0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А. |
| P2 | Измеритель напряжений и частот | 504.2 | 2 вольтметра 0…500 В ~  2 частотомера  45…55 Гц;  220 В ~ |
| P3 | Указатель частоты вращения | 506.2 | 2000…0…2000 мин−1 |
| P4 | Указатель угла нагрузки синхронной  машины | 505.2 | −180°…0…180° |

**4 Указание по технике безопасности:**

1. К работе на стендах допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при выполнении работ в лабораториях кафедры «Электроснабжения и эксплуатации электрооборудования» и ознакомившиеся с настоящими методическими указаниями. Прохождение инструктажа по технике безопасности фиксируется преподавателем в специальном журнале.

2. Лабораторная работа должна выполняться не менее чем двумя студентами.

3. Сборку схемы осуществлять исправными соединительными проводами, используя при этом приведенные в лабораторной работе принципиальные схемы экспериментов.

4. Собранная цепь проверяется преподавателем и может включаться только по его разрешению и при его наблюдении. О включении напряжения предупреждают всех членов бригады, выполняющих работу.

5. Изменения схемы производят только при выключенном напряжении на стенде, а вновь собранная схема перед подачей на неё напряжения проверяется преподавателем.

6. По окончании испытания или при перерыве в работе схему отключают от напряжения питания. Разборку схемы осуществляют по разрешению преподавателя.

7. При возникновении неисправностей, а также в случае появления запаха, свидетельствующего о возгорании электрических проводов или оборудования, следует незамедлительно прекратить работу с лабораторным стендом, выключив его из сети, и обратиться к преподавателю или обслуживающему персоналу.

**5 Методика и порядок выполнения работы**

*Выполняем подготовительные операции.*

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

2. Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (рисунок П.4.1).

3. Соедините гнезда защитного заземления "Заземление" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.

4. Соедините вилки питания 220 В устройств, используемых в эксперименте, сетевыми шнурами с розетками удлинителя.

5. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений (рисунок 8.4).

6. Переключатели номинальных фазных напряжений трехфазных трансформаторных групп А2 и А4 установите соответственно равными 220 В. Параметры линии электропередачи А3 установите следующими: R = 50 Ом, L/RL = 0,9 Гн/ 24 Ом, С1=С2=0 мкФ.

*Готовим аппаратуру к проведению эксперимента в ручном режиме.*

1. Установите в положение «РУЧН.» переключатели режимов работы:

– трехполюсных выключателей А1;

– источника питания двигателя постоянного тока G2;

– блока синхронизации А5;

– источник постоянного напряжения G3.

Тумблеры делителей напряжения коннектора А9 установите в положение «1:1». Тумблер выбора режима работы общей точки аналоговых входов коннектора А9 установите в положение «AIGND».

Тумблеры выбора режима работы цифровых входов выходов блока А8 ввода-вывода цифровых сигналов установите в положение «выход» (тумблер вниз) для контактов DIO0…DIO3, в положение «вход» (тумблер вверх) для контактов DIO4…DIO7.

2. Включите выключатели «СЕТЬ»:

– трехполюсных выключателей А1;

– источник постоянного напряжения G3;

– измерителя мощностей Р1;

– указателя частоты вращения Р3;

– указателя угла нагрузки синхронной машины Р4;

– блока синхронизации А5.

3. Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся светодиоды.

4. Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А10 и запустите программу «Автоматизированное управление».

5. Включите выключатель А1 нажатием на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели.

6. Запустите сбор данных в ручном режиме, нажав для этого виртуальную кнопку «Запустить» Пуск или выбрав соответствующий пункт в меню «Действия».

7. Наблюдая изменения параметров генератора и сети по виртуальному графопостроителю программы, включите генератор на параллельную работу с сетью методом точной синхронизации. Для этого выполните следующие действия:

7.1 Включите источник G2, нажав на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели. Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя М1 (генератора G4) 1500 мин–1.

7.2 Включите возбудитель G3, нажав на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели. Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите напряжение между фазами (линейное) генератора G4 равным линейному напряжению сети. Равенство напряжений и частот генератора и сети определяйте по измерителю Р2.

7.3 Обеспечьте условия синхронизации согласно таблице 8.2 и подключите генератор к сети нажатием на кнопку «ВКЛ.» блока А5 синхронизации.

8. Осуществите настройку указателя угла нагрузки P4. Для этого выполните следующие действия:

8.1 Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите активную мощность генератора G4, равную 0 Вт. Равенство активной мощности нулю определяйте по измерителю P1;

8.2 Вращая виртуальную регулировочную рукоятку, установите реактивную мощность генератора G4, равную 0 Вар. Равенство реактивной мощности нулю определяйте по измерителю P1;

8.3 Вращая небольшой шлицевой отверткой подстроечные резисторы «ГРУБО» и «ТОЧНО» на передней панели указателя угла нагрузки P4, установите значение угла нагрузки, равное нулю.

9 Нагрузите генератор активной мощностью, вращая регулировочную рукоять источника G2. Значения активной мощности наблюдайте по измерителю P1 и по виртуальному прибору на экране монитора.

10. Нагрузите генератор реактивной мощностью, вращая регулировочную рукоять возбудителя G3. Значения реактивной мощности наблюдайте по измерителю P1 и по виртуальному прибору на экране монитора.

*Моделируем потерю устойчивости генератором. Для этого:*

1. Вращением регулировочной рукоятки возбудителя G3 уменьшите реактивную мощность до нуля;

2. Медленно вращая регулировочную рукоятку источника G2 по часовой стрелке, нагружайте генератор G4 активной мощностью до тех пор, пока он не потеряет устойчивость.

*Возвращаем генератор в синхронный режим работы путем увеличения его тока возбуждения.*

1. Верните генератор в синхронный режим работы, вращая рукоятку возбудителя G3 по часовой стрелке.

*Моделируем работу синхронного генератора при потере им возбуждения.*

1. Смоделируйте потерю генератором возбуждения, нажав кнопку «ОТКЛ» возбудителя G3.

2. Восстановите возбуждение генератора, нажав кнопку «ВКЛ» возбудителя G3.

*Отключаем генератор, выполнив следующие действия:*

1. Разгрузите генератор по активной и реактивной мощностям, вращая регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 соответственно.

2. Отключите генератор от сети, нажав для этого кнопку «ОТКЛ.» блока А5 синхронизации.

3. Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, снимите возбуждение с генератора G4. Отключите возбудитель G3 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» на его передней панели.

4. Вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до упора, остановите двигатель М1 (генератор G4). Отключите источник G2 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» на его передней панели.

*Подключаем генератор к сети методом самосинхронизации.*

Наблюдая изменения параметров генератора и сети по виртуальному графопостроителю программы, включите генератор на параллельную работу с сетью методом самосинхронизации. Для этого выполните следующие действия:

1. Включите источник G2, нажав на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели. Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя М1 (генератора G4) 1500 мин–1.

2. Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите ток на его выходе равное, например, 2 А. (было U=20 В).

3. Подключите генератор к сети нажатием на кнопку «ВКЛ.» блока А5 синхронизации.

4. Включите возбудитель G3, нажав на кнопку «ВКЛ.» на его передней панели.

*Далее можно нагрузить генератор активной и реактивной мощностями, перевести его в асинхронный режим работы и т.д.*

*Отключаем генератор.*

1. Разгрузите генератор по активной и реактивной мощностям, вращая регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 соответственно.

2. Отключите генератор от сети, нажав для этого кнопку «ОТКЛ.» блока А5 синхронизации.

3. Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, снимите возбуждение с генератора G4. Отключите возбудитель G3 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» на его передней панели.

4. Вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до упора, остановите двигатель М1 (генератор G4). Отключите источник G2 нажатием на кнопку «ОТКЛ.» на его передней панели.

5. Остановите сбор данных, нажав для этого виртуальную кнопку «Остановить» Стоп или выбрав соответствующий пункт из меню «Действия».

6. Нажмите на виртуальную кнопку программы «Отобразить записанный процесс» Нартсовать. На экране графопостроителя появятся зависимости записанных режимных параметров от времени.

*Готовим аппаратуру к проведению эксперимента в автоматическом режиме.*

1. Установите в положение «АВТ.» переключатели режимов работы:

–  трехполюсного выключателя А1;

– блока синхронизации А5;

– источника питания двигателя постоянного тока G2;

– источник постоянного напряжения G3.

2. Включите выключатель «СЕТЬ» блока ввода-вывода цифровых сигналов А8.

3. Выберите автоматический режим работы, нажав для этого соответствующую виртуальную кнопку Автоматический на экране компьютера.

4. Вращая виртуальные регулировочные рукоятки, задайте уставки активной и реактивной мощностей.

5. Задайте уставки управления, нажав на соответствующую виртуальную кнопку Настройки. Например, оставьте уставки, заданные по умолчанию.

6. Нажмите на виртуальную кнопку «Запустить» Пуск.

7.  Наблюдая изменения параметров генератора и сети по виртуальному графопостроителю программы, включите генератор на параллельную работу с сетью **методом точной синхронизации**. Для этого выполните следующие действия:

7.1 Включите источник G2, нажав на виртуальный ползунок. Вращая виртуальную регулировочную рукоятку, установите частоту вращения двигателя М1 (генератора G4) 1500 мин–1.

7.2 Включите возбудитель G3, нажав на виртуальный ползунок. Вращая виртуальную регулировочную рукоятку установите напряжение генератора G4 равным напряжению сети. Равенство напряжений и частот генератора и сети определяйте по индикаторам программы.

7.3 Включите выключатель А1 (Q1) нажатием на виртуальный ползунок.

7.4 Обеспечьте условия синхронизации согласно таблице 8.2 и подключите генератор к сети нажатием на виртуальный ползунок Q2.

*Далее можно нагрузить генератор активной и реактивной мощностями, перевести его в асинхронный режим работы и т.д.*

1. Вращая виртуальные регулировочные рукоятки, измените уставку активной мощности (скорость вращения ротора)*,* и наблюдайте изменение их значений (+*Р* – генераторный режим; *–Р* – двигательный режим).

2. Установите уставку активной мощности равной нулю

3. Вращая виртуальные регулировочные рукоятки, измените уставку напряжения генератора (ток возбуждения) и наблюдайте изменение их значений (*U>*220В (перевозбуждение) – выработка реактивной мощности (емкость); *U<*220 В (недовозбуждение) – потребление реактивной мощности (индуктивность).

4. Установите уставку напряжения генератора равной 220 В.

5. Постепенно увеличивая уставку активной мощности (скорость вращения ротора), нагружайте генератор G4 активной мощностью (+*Р*) до тех пор, пока он не потеряет устойчивость.

6. Остановите силовой агрегат, выполнив следующие действия:

6.1 Разгрузите генератор по активной и реактивной мощностям, вращая виртуальные регулировочные рукоятки задания уставок активной мощности и напряжения генератора соответственно.

6.2 Отключите генератор от сети, нажав для этого соответствующий ползунок (Q2).

6.3 Вращая виртуальную регулировочную рукоятку, снимите возбуждение с генератора G4 (установите уставку напряжения генератора равной 0 В). Отключите возбудитель G3 нажатием на соответствующий ползунок (Q3).

6.4 Вращая виртуальную регулировочную рукоятку уставки скорости вращения генератора против часовой стрелки, остановите двигатель М1 (генератор G4). Отключите источник G2 нажатием на соответствующий виртуальный ползунок.

6.5 Отключите выключатель А1 нажатием на виртуальный ползунок (Q1).

*Наблюдая изменения параметров генератора и сети по виртуальному графопостроителю программы, включите генератор на параллельную работу с сетью* ***методом самосинхронизации****. Для этого выполните следующие действия:*

1. Включите источник G2, нажав на виртуальный ползунок. Вращая виртуальную регулировочную, установите частоту вращения двигателя М1 (генератора G4) 1500 мин–1.

2. Включите выключатель А1 нажатием на виртуальный ползунок (Q1).

3. Подключите невозбужденный генератор к сети нажатием на виртуальный ползунок (Q2).

*Далее можно нагрузить генератор активной и реактивной мощностями, перевести его в асинхронный режим работы и т.д.*

1. Вращая виртуальные регулировочные рукоятки, измените уставку активной мощности и напряжения генератора и наблюдайте изменение их значений.

2. Остановите силовой агрегат, как описано выше.

3. Нажмите на виртуальную кнопку программы «Остановить» Стоп.

4. Нажмите на виртуальную кнопку программы «Отобразить записанный процесс» Нартсовать. На экране графопостроителя появятся зависимости записанных режимных параметров от времени.

5. По завершении экспериментов отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» задействованных блоков. Закройте программу «Автоматизированное управление».

Таблица 8.2 – Условия синхронизации синхронного генератора на параллельную работу

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Условие | Средство  контроля | Критерий  выполнения  условия | Критерий  не выполнения условия | Рекомендации по выполнению  условия |
| Равенство напряжений синхронного генератора и сети | Вольтметры со стороны синхронного генератора и сети | Напряжения со стороны синхронного генератора и сети равны | Напряжения со стороны синхронного генератора и сети неравны | Регулировать напряжения возбуждения синхронного генератора до момента выравнивания напряжений со стороны синхронного генератора и сети |
| Одинаковый порядок чередования фаз напряжений синхронного генератора и сети | Лампы в разрывах фаз | Лампы в фазах периодически одновременно загораются и гаснут (частоты напряжений не равны); горят (напряжения в противофазе); не горят (напряжения синфазные) | Лампы в фазах периодически неодновременно загораются и гаснут, создавая эффект “кругового огня” | Переключить любые две фазы синхронного генератора |
| Равенство частот синхронного  генератора и сети | Синхроноскоп | Стрелка синхроноскопа неподвижна. | Стрелка синхроноскопа вращается | Регулировать частоту вращения синхронного генератора |
| Синфазность  напряжений  синхронного  генератора и сети | Синхроноскоп | Стрелка синхроноскопа располагается вертикально напротив риски | Стрелка синхроноскопа отклонена от вертикального положения | Регулировать частоту вращения синхронного генератора |



Рисунок 8.4 – Электрическая схема соединений



Продолжение рисунка 8.4 – Электрическая схема соединений

На рисунке 8.5 приведены отображение результатов эксперимента на экране монитора. Условия эксперимента соответствуют рекомендованным в описании.

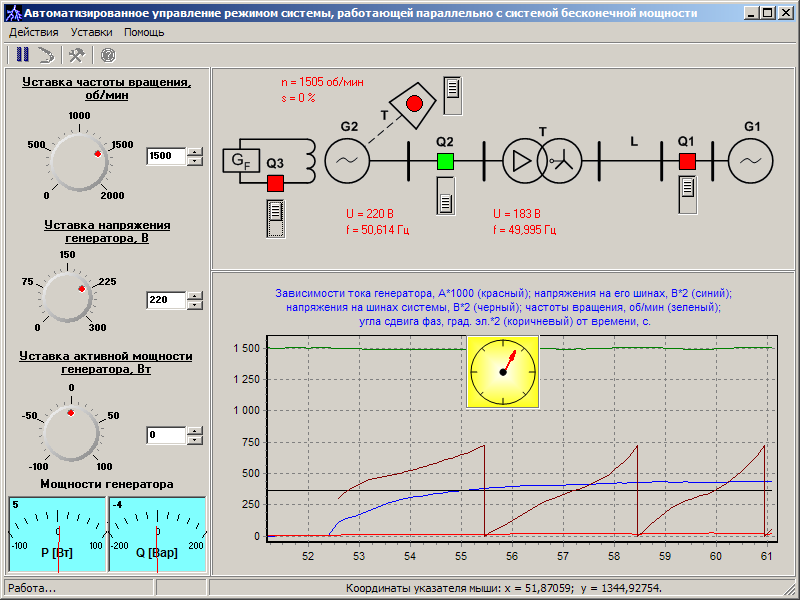
******

Рисунок 8.5 – Программа «Автоматизированное управление»

*Ниже перечислены некоторые полезные замечания.*

Для удобства определения значений величин по графикам на экране отображаются текущие координаты указателя мыши.

На экране отображаются состояния выключателей источника G2, возбудителя G3, блока А5 синхронизации, выключателя А1.

Масштабирование осциллограмм производится путем нажатия на графике левой клавиши мыши и, не отпуская ее, перемещения манипулятора слева направо и сверху вниз. Возврат к начальному масштабу осуществляется обратным перемещением манипулятора – справа налево и снизу вверх.

Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на соответствующем объекте правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.

Запись процессов производится программой в циклический буфер. Менять его параметры можно на вкладке «Запись процессов» в окне уставок управления.

**6 Содержание отчета**

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу должен оформить отчет и предоставить его преподавателю. В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы;

2. Перечень используемой аппаратуры

3. Электрическая схема соединений;

4. Порядок выполнения работы;

5. Выводы по работе.

**7 Контрольные вопросы**

1. Чем характеризуется система бесконечной мощности.

2. Режим генератора и двигателя синхронной машины.

3. Что такое статическая устойчивость?

4. Угловая характеристика активной мощности синхронной машины.

5. К чему приводит небольшое возмущение угла  в точке 1?

6. К чему приводит небольшое возмущение угла  в точке 2?

7. Коэффициент запаса статической устойчивости.

8. Синхронный режим работы генератора сточки зрения моментов действующих на вал генератора.

9. Каких двух видов бывают асинхронные режимы синхронного генератора?

10. Асинхронный режим невозбужденного генератора.

11. Асинхронный режим возбужденного генератора.

12. Допустимы ли асинхронные режимы работы синхронного генератора?

13. Влияние тока возбуждения на устойчивость.