

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра «Энергетика и технология металлов»

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА

Методические указания

к выполнению лабораторной работы по курсу
«Электростанции и подстанции систем электроснабжения»
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»

Курган 2011

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Электростанции и подстанции систем электроснабжения»

Составили:

доцент, канд. техн. наук Агафонов Ю.П. (теоретическая часть);

доцент, канд. техн. наук Мошкин В.И., доцент Данилов А.А. (методика выполнения, техническая редакция).

Утверждены на заседании кафедры 29 августа 2011 г.

Рекомендованы методическим советом университета

« » _____ 2011г

Исследование работы синхронного компенсатора

Цель работы: ознакомиться с устройством синхронной машины, использованием ее в качестве генератора реактивной мощности (компенсатора), порядком включения в работу. Экспериментальным путем определить характеристики синхронного компенсатора и оценить расходы электроэнергии на производство реактивной энергии в системе электроснабжения.

Теоретические пояснения

Синхронная машина отличается от асинхронной конструкцией ротора, который у синхронной машины представляет собой постоянный электромагнит: поэтому возможно использование асинхронного двигателя с фазным ротором в качестве синхронной машины (синхронизированная асинхронная машина). Для этого необходимо на обмотку вращающегося ротора подать постоянное напряжение. Ток в роторе I_f (ток возбуждения) создает постоянное магнитное поле, ротор входит в синхронизм, т.е. начинает вращаться с частотой, равной частоте вращающегося магнитного поля статора. Результирующий магнитный поток Φ равен векторной сумме потоков, созданных МДС ротора (током возбуждения) Φ_f и МДС статора Φ_a . Как известно, ЭДС E_p , индуцируемая магнитным потоком Φ_f , отстает от него по фазе на угол $\pi/2$. На рис 1 представлена упрощенная векторная диаграмма синхронного двигателя для такого тока возбуждения $I_f = I_{fn}$, называемого нормальным, при котором ток статора I совпадает по фазе с напряжением сети U , т.е. при $\cos\varphi=1$. Если изменить величину тока возбуждения, то будет изменяться как ток I , так и сдвиг по фазе φ между током I и напряжением сети U , причем как в сторону отставания (индуктивный характер нагрузки), так и в сторону опережения (ёмкостный). Таким образом, синхронный двигатель (СД), работающий на холостом ходу, представляет собой генератор реактивной мощности Q- синхронный компенсатор (СК), который потребляет из сети активную мощность P на механические потери при вращении ротора двигателя, на потери в сердечнике и обмотке статора и в обмотке ротора от тока возбуждения. Отношение потребленной активной мощности к отданной реактивной в Вт/вар является важным экономическим показателем СК.

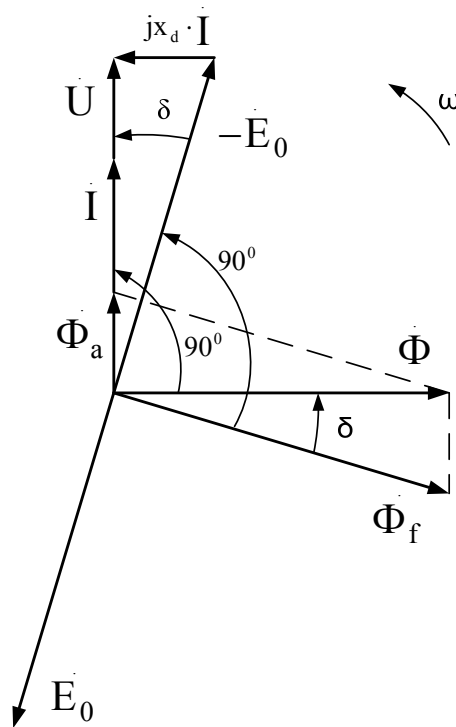


Рис. 1- Векторная диаграмма синхронного компенсатора при нормальном возбуждении

Для пуска СК (как и синхронного двигателя) на роторе предусмотрена демпферная обмотка, аналогичная короткозамкнутой обмотке асинхронного двигателя. С помощью этой обмотки, при включении обмотки статора в сеть СК разгоняется до подсинхронной частоты вращения

$n_2 = (0,95 + 0,98)n_1$ и при включении обмотки ротора на постоянное напряжение входит в синхронизм ($n_2 = n_1$).

Кривые изменения тока I от тока I_f при постоянных моменте M , напряжении U и частоте f получили название U-образных кривых синхронной машины (рис. 2). При нормальном токе возбуждения I_{fn} ток статора I минимальный, а $\cos\varphi=1$ ($\varphi=0$). При уменьшении тока возбуждения $I_f < I_{fn}$ (недовозбуждение) увеличивается ток статора I и угол сдвига φ , а $\cos\varphi$ уменьшается: при этом $\varphi>0$ (реактивная мощность – индуктивная и потребляется из сети) (рис. 3, а). При увеличении тока возбуждения $I_f > I_{fn}$ (перевозбуждение), увеличивается ток статора I и угол сдвига φ , а $\cos\varphi$ уменьшается: при этом $\varphi<0$ (реактивная мощность ёмкостная и генерируется в сеть) (рис. 3, б). Таким образом, реактивная мощность $Q=3UI\sin\varphi$ может регулироваться с помощью тока возбуждения I_f и ограничена величиной номинального тока статора I_{Σ} .

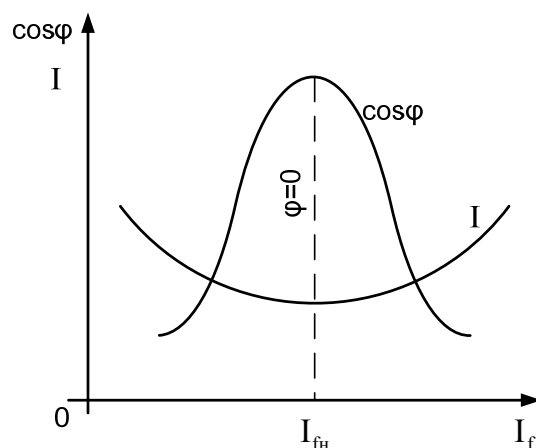


Рис. 2- U-образные характеристики СК

При передаче электроэнергии переменного тока в конце линии или на ее участках при малых нагрузках создается реактивная составляющая тока емкостного характера и, как следствие, повышение напряжения. Синхронный компенсатор при этом должен работать с недовозбуждением и за счет индуктивной реактивной составляющей тока компенсировать емкостную составляющую тока в линии, стабилизируя напряжение в линии.

Чаще в нагруженной линии реактивный ток имеет индуктивный характер, что вызывает уменьшение напряжения у потребителя: тогда синхронный компенсатор должен работать с перевозбуждением и за счет ёмкостной составляющей тока компенсировать индуктивную составляющую тока в линии, стабилизируя напряжение в линии.

Таким образом, при помощи синхронного компенсатора не только уменьшается фазовый сдвиг в цепи, но и может регулироваться напряжение у потребителя.

Порядок выполнения работы

1. По имеющимся в лаборатории плакатам ознакомиться с устройством синхронного двигателя.
2. Ознакомиться с аппаратурой и приборами, используемыми в работе (комплект К-505, фазометр Д-120).
3. Записать в таблицу 1 паспортные данные используемого двигателя.
4. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 4.

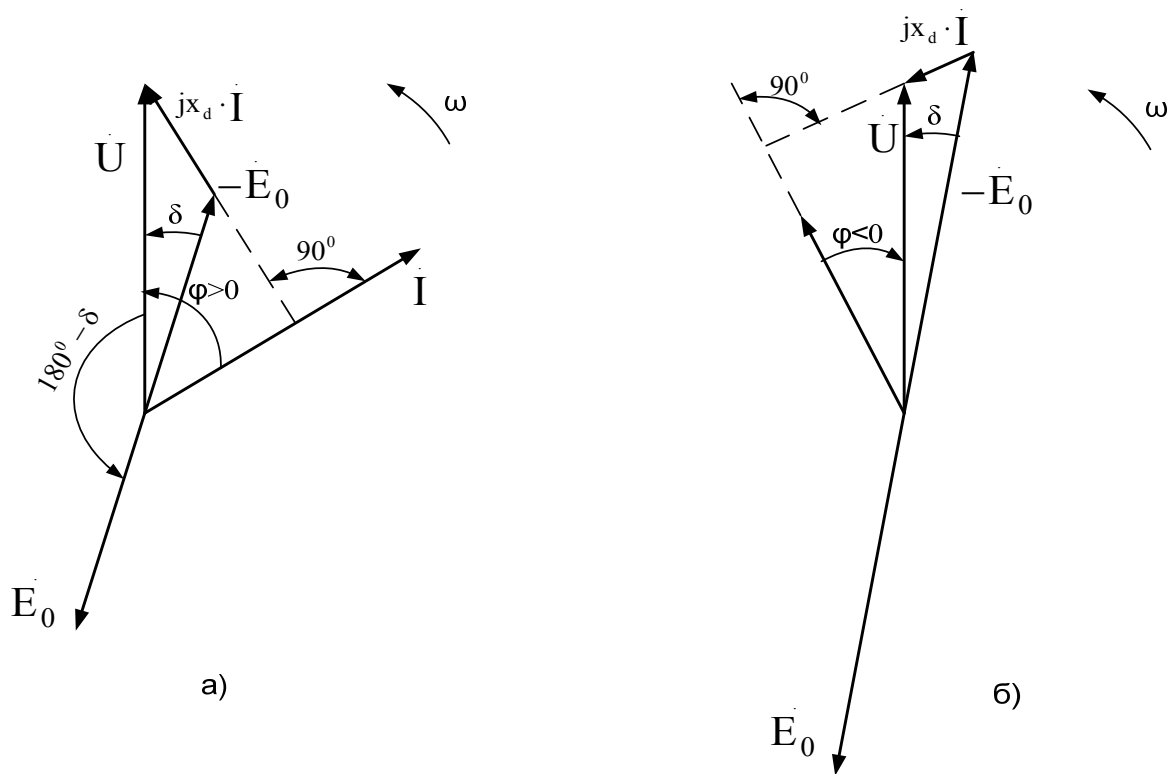


Рис. 3- Векторная диаграмма синхронного компенсатора
 а)-при недовозбуждении, б)-при перевозбуждении

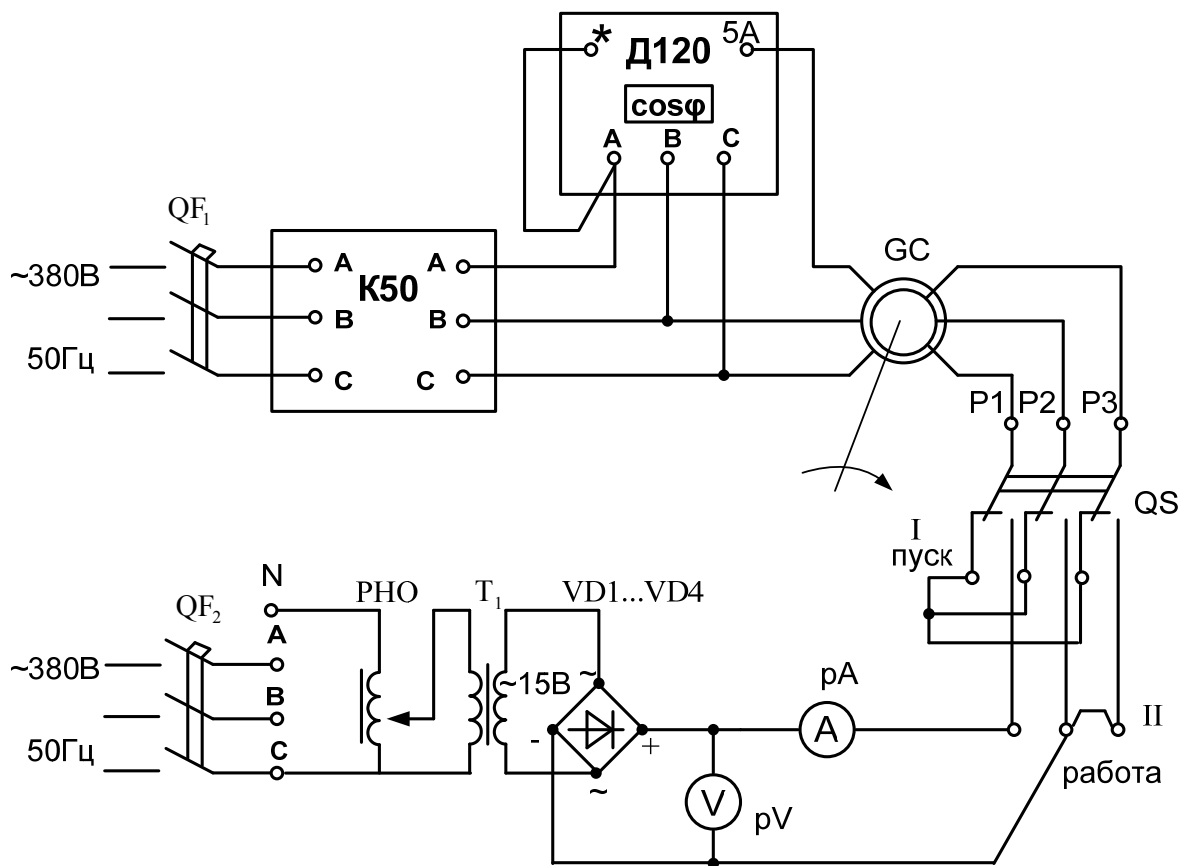


Рис. 4 -Схема экспериментальной установки

Таблица 1

Тип двигателя	P_n	U_n	I_n	n_n	I_{fn}	Соединение обмоток	
	кВт	В	А	об/мин	А	статора	ротора

5. После проверки схемы преподавателем осуществить пуск двигателя в следующей последовательности: установить переключатель QS в роторе в положение II, включить QF_2 (при отключенном QF_1) и с помощью регулятора РНО установить ток в роторе $I_f=10A$. Затем переключить переключатель QS в положение I и включить QF_1 . После разгона двигателя до подсинхронной частоты вращения установить переключатель QS в положение II и убедиться по тахометру, что двигатель вошел в синхронизм.

6. Установить нормальный ток возбуждения $I_f=I_{fn}$, которому соответствует минимальный ток статора $I=0,6 A$ и $\cos\varphi=1$. Показания приборов записать в таблицу 2.

7. Постепенно уменьшая ток возбуждения $I_f < I_{fn}$ до величины $I_f=6A$, испытать недозвузженный СК: записывать показания приборов в табл. 2 для различных I_f . Следить, чтобы ток статора I не превысил величины $I=2,25A$.

Таблица 2

измерено							вычислено			
U	I	P	U_f	I_f	n	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	φ	Q	P/Q
В	А	Вт	В	А	об/мин	-	-	град	вар	Вт/вар

8. Испытать перевозбужденный СК: постепенно увеличивая ток возбуждения ($I_f > I_{fn}$) до величины $I_f = 40\text{A}$, записывать показания в табл. 2 для различных I_f . Следить, чтобы ток I не превысил значения $I = 2,25\text{A}$.

9. Постепенно уменьшая ток возбуждения до величины $I_f \sim 2\text{A}$, наблюдать электромеханические переходные процессы при выпадении СК из синхронизма и возникновении асинхронного хода. После этого, увеличивая ток возбуждения, наблюдать электромеханические переходные процессы при втягивании СК в синхронизм.

10. Произвести необходимые вычисления величин, указанных в таблице 2.

11. На основании опыта и вычислений построить U-образную характеристику и три упрощенные векторные диаграммы для $I_f = I_{fn}$, $I_f < I_{fn}$ и $I_f > I_{fn}$.

12. Сделать выводы о работе синхронного компенсатора.

Методические рекомендации по обработке экспериментальных данных

1. В синхронизированной асинхронной машине сохраняются такие же качественные соотношения между величинами, характеризующими ее работу, как и у синхронной, но имеются заметные количественные различия. Поэтому не следует пытаться получить результаты, совпадающие с количественными данными синхронных машин, и следует ограничиться качественными соотношениями.

2. По данным таблицы 2 построить U-образную кривую $I = f(I_f)$, указав характерные зоны: нормальное возбуждение, перевозбуждение и недовозбуждение.

3. По данным таблицы 2 построить упрощенные векторные диаграммы синхронного компенсатора (синхронного двигателя на холостом ходу) для трех режимов: нормальное возбуждение, недовозбуждение и перевозбуждение. При этом следует руководствоваться следующими положениями:

а) рабочий поток Φ при постоянном напряжении $U=\text{const}$ будет постоянным и пропорциональным этому напряжению;

б) поток ротора Φ_f зависит от тока возбуждения I_f ;

в) поток статора Φ_a (поток реакции якоря) зависит от тока статора I и, пренебрегая насыщением и потерями в сердечнике, можно считать их пропорциональными и совпадающими по фазе;

г) ЭДС E_0 пропорциональна потоку Φ_f и отстает от него по фазе на угол $\pi/2$; E_0 можно определить по характеристике холостого хода (рис. 5);

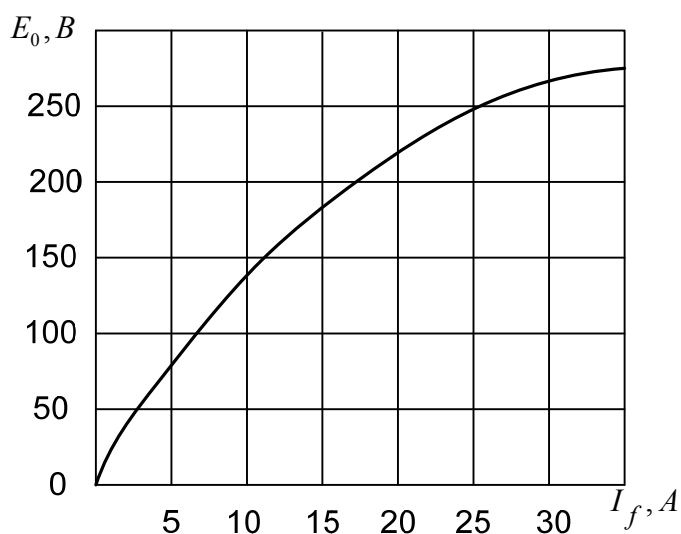


Рис. 5- Характеристика холостого хода синхронизированного асинхронного двигателя АК-51-4

д) напряжение $x_d \cdot I$, обусловленное потоками рассеяния и реакции якоря Φ_a , пропорционально току статора I и опережает его по фазе на угол $\pi/2$;

е) рабочий поток Φ равен векторной сумме потоков ротора и статора

$$\Phi = \Phi_f + \Phi_a ;$$

ж) угол нагрузки δ между U и E_0 (или Φ и Φ_f) зависит от нагрузки (вектор E_0 отстает от вектора U); при номинальном моменте синхронного двигателя этот угол $\delta=20...30$ эл. град., а на холостом ходу (СД в режиме СК) он небольшой, при построении векторных диаграмм им следует задаться;

з) задавшись масштабами для тока, напряжения и потока и руководствуясь вышеуказанными положениями, построить векторные диаграммы и с их помощью проанализировать работу синхронного компенсатора.

4. Определить реактивные мощности (индуктивную и емкостную) при наибольших значениях тока статора.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия синхронной машины и особенности ее конструкции. От чего зависит частота вращения синхронного двигателя?

2. При каких условиях можно использовать асинхронную машину в качестве синхронной?

3. Каково назначение синхронного компенсатора?

4. Какой ток возбуждения называется нормальным?

5. Охарактеризуйте работу синхронного компенсатора в режиме недовозбуждения и в каких случаях такой режим применяется?

6. Охарактеризуйте работу синхронного компенсатора в режиме перевозбуждения и в каких случаях такой режим применяется?

7. Почему при номинальном моменте угол нагрузки находится обычно в пределах $\delta = 20...30$ эл. град. для двигателей и генераторов, а для СК он может быть гораздо больше?

8. Поясните порядок переключений обмотки возбуждения при асинхронном пуске СК.

9. Какой режим (перевозбуждения или недовозбуждения) является расчетным для СК и почему?

10. По каким признакам, находясь на щите управления или в машинном зале, можно узнать, что данный СК находится в асинхронном режиме?

11. Как изменится режим СК после потери возбуждения?

Литература

1. Электрическая часть станций и подстанций: Учебн. для вузов/А.А. Васильев, И.П.Крючков и др. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – С. 235-269.

2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – С. 411-430.

Агафонов Юрий Петрович,
Мошкин Владимир Иванович,
Данилов Алексей Алексеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИНХРОННОГО КОМПЕНСАТОРА

Методические указания

к выполнению лабораторной работы по курсу
«Электростанции и подстанции систем электроснабжения»
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»

Авторская редакция

Подписано к печати
Печать трафаретная
Заказ

Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л.0,75
Тираж 50

Бумага тип. № 1
Уч.-изд. л. 1,9
Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.