

Изобретение относится к электротехнике, в частности, к устройствам, представляющим собой синтез электрической машины с симметричным статором и ротором и управляющего преобразователя частоты в цепи ротора.

Электроэнергетические установки подобного типа, способные генерировать напряжение постоянной частоты при переменной частоте вращения, обладают принципиально большими, чем синхронные генераторы пределами устойчивости.

Известна электроэнергетическая установка [1] с большим диапазоном регулирования частоты вращения ($\pm 30\%$). Недостатком такой установки является ее малая мощность. С увеличением мощности асинхронной машины мощность возбуждения существенно возрастает. В мощных асинхронных машинах увеличение диапазона регулирования резко увеличивает мощность возбуждения, в этих условиях теряется экономическая целесообразность применения названных машин в мощных энергетических установках.

Известна электроэнергетическая установка [2], содержащая асинхронный генератор-двигатель, работающая в режиме генерирования электрической энергии и в насосном режиме на гидроаккумуляторных станциях.

Генератор-двигатель работает при асинхронной частоте вращения и возбуждения обмотки ротора переменным током с частотой, соответствующей разности частот энергосистемы и частоты вращения генератора-двигателя. Устройство содержит асинхронный генератор, обмотки которого подключены к энергосистеме и к выходу преобразователя частоты, управляемые ключи, включенные в места связи обмотки статора асинхронного генератора с энергосистемой и входа преобразователя частоты с источником переменного тока, автоматический регулятор тока возбуждения и датчик частоты вращения.

Недостатком прототипа является малый допустимый диапазон регулирования частоты вращения гидроагрегата, не превышающий $\pm 5\%$, т.е. малый диапазон работы по частоте электроэнергетической установки, так как увеличение диапазона работы по частоте приведёт к значительному росту мощности возбуждения и снижению надежности.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования электроэнергетической установки, путем введения элементов управления и регулирования новых взаимосвязей элементов установки, чем обеспечивается расширение работы по частоте, снижение мощности возбуждения и повышение надежности.

Поставленная задача решается тем, что в электроэнергетической установке, содержащей асинхронный генератор, многофазные обмотки переменного тока статора и ротора которого выполнены с числом пар полюсов p_1 , фазные выводы обмотки статора через силовые контакты первого управляемого ключа соединены с одноименными фазными выводами для подключения к энергосистеме, а фазные выводы обмотки ротора подключены к силовому выходу первого преобразователя частоты, силовой вход которого соединен с первыми выводами силовых контактов второго управляемого ключа, первый автоматический регулятор тока возбуждения с двумя информационными входами, первый из которых связан с фазными выводами обмотки статора, а второй соединен с выходом датчика частоты вращения ротора, выход регулятора тока возбуждения соединен с управляющим входом первого преобразователя частоты, согласно изобретению, асинхронный генератор снабжен дополнительными многофазными обмотками на статоре и роторе с числом пар полюсов p_2 , и дополнительно введен второй преобразователь частоты, второй автоматический регулятор тока возбуждения, два блока задержки сигнала и компаратор, третий, четвертый и пятый управляемые ключи с силовыми замыкающими контактными группами, первый, второй, третий и четвертый управляемые ключи выполнены с двумя входами управления с дополнительным сигнальным выходом, а пятый управляемый ключ имеет переключающую контактную группу, при этом фазные выводы дополнительной обмотки статора связаны через силовые контакты третьего управляемого ключа с одноименными фазными выводами для подключения к энергосистеме, фазные выводы дополнительной обмотки ротора соединены с силовым выходом второго преобразователя частоты, силовой вход которого через силовые контакты четвертого управляемого ключа соединен с фазными выводами первой обмотки статора асинхронного генератора, фазные выводы второй обмотки статора соединены с вторыми выводами силовых контактов второго управляемого ключа, первый информационный вход второго автоматического регулятора тока возбуждения подключен к фазным выводам второй обмотки статора, а второй информационный вход - к выходу датчика частоты вращения ротора, выход второго автоматического регулятора тока возбуждения соединен с управляющим входом второго преобразователя частоты, вход управления пятого управляемого ключа через компаратор соединен с выходом датчика частоты вращения ротора, первый выход переключающей контактной группы пятого управляемого ключа соединен с выключающим входом второго преобразователя частоты и, через первый блок задержки сигнала со вторыми входами управления третьего и четвертого управляемых ключей и первым входом управления первого управляемого ключа, второй выход переключающей контактной группы пятого управляемого ключа соединен с выключающим входом первого преобразователя частоты и через второй блок задержки сигнала с вторыми входами управления первого и второго управляемых ключей и первым входом управления третьего управляемого ключа, сигнальные выходы первого и третьего управляемых ключей соответственно соединены с первыми входами управления второго и четвертого управляемых ключей, а сигнальные выходы второго и четвертого управляемых ключей соединены со вторыми входами управления соответственно четвертого и второго управляемых ключей.

Отличие предложенного устройства от прототипа [2] состоит в том, что асинхронный генератор снабжен дополнительными многофазными обмотками на статоре и роторе с числом пар полюсов p_2 , а также дополнительно введены элементы управления и регулирования - второй преобразователь

частоты, второй автоматический регулятор тока возбуждения, два блока задержки сигнала и компаратор, что позволяет обеспечить раздельную работу обмоток с числом пар полюсов p_1 или p_2 в зависимости от частоты вращения ротора агрегата. Таким образом, достигается расширение работы по частоте и значительное снижение мощности возбуждения. Питание первого и второго преобразователей частоты со стороны переменного тока от выводов первой обмотки ротора с числом пар полюсов p_1 и второй обмотки ротора с числом пар полюсов p_2 обеспечивает независимость питания цепей возбуждения генератора от энергосистемы, что повышает надежность электроэнергетической установки.

На фиг. 1 приведена принципиальная схема электроэнергетической установки.

На фиг. 2 представлены графики зависимостей мощности возбуждения от полной мощности генератора в функции частоты вращения ротора.

Электроэнергетическая установка, согласно изобретению, содержит асинхронный генератор 1 (см. фиг. 4), обмотки статора 2 и ротора 3 которого с числом пар полюсов p_1 выводами подключены к энергосистеме и силовому выходу первого преобразователя частоты 4, первый 5 и второй 6 управляемые ключи, первый автоматический регулятор тока возбуждения 7, подключенный первым и вторым информационными входами соответственно к выводам обмотки статора 2 и выходу датчика частоты вращения ротора 8. Выход первого автоматического регулятора тока возбуждения 7 связан с управляющим входом первого преобразователя частоты 4. Устройство также содержит вторые обмотки статора 9, ротора 10 с числом пар полюсов p_2 , третий 11 и четвертый 12 управляемые ключи, второй преобразователь частоты 13, второй автоматический регулятор тока возбуждения 14, компаратор 15, пятый управляемый ключ 16, первый 17 и второй 18 блоки задержки сигнала. Вторая обмотка статора 9 подключена к энергосистеме через третий управляемый ключ 11. Фазные выводы второй обмотки ротора 10 подключены к силовому выходу второго преобразователя частоты 13, силовой вход которого связан с фазными выводами обмотки статора 2 через силовые контакты четвертого управляемого ключа 12.

Силовой вход первого преобразователя частоты 4 связан с фазными выводами второй обмотки статора 9 через силовые контакты второго управляемого ключа 6.

Первый и второй информационные входы второго автоматического регулятора тока возбуждения 14 подключены соответственно к фазным выводам второй обмотки статора 9 асинхронного генератора 1 и к выходу датчика частоты вращения 8. Выход второго автоматического регулятора тока возбуждения 14 подключен к управляющему входу второго преобразователя частоты 13.

Вход управления пятого управляемого ключа 16 связан с выходом датчика частоты вращения 8 через компаратор 15. Первый выход пятого управляемого ключа 16 связан с выключающим входом второго преобразователя частоты 13 и входом первого блока задержки 17, выход которого связан со вторыми входами управления третьего 11 и четвертого 12 управляемых ключей и первым входом управления первого управляемого ключа 5.

Второй выход переключающей контактной группы пятого управляемого ключа 16 связан с выключающим входом первого преобразователя частоты 4 и входом второго блока задержки сигнала 18, выход которого связан с вторыми входами управления первого 5 и второго 6 управляемых ключей и первым входом управления третьего управляемого ключа 11.

Сигнальные выходы первого 5 и третьего 11 управляемых ключей связаны с первыми управляющими входами второго 6 и четвертого 12 управляемых ключей соответственно. Сигнальный выход второго управляемого ключа 6 подключен к второму входу управления четвертого управляемого ключа 12, сигнальный выход которого связан с вторым входом управления второго управляемого ключа 6.

Устройство работает следующим образом.

При работе электроэнергетической установки в генераторном режиме с частотой вращения ротора генератора 1 меньше заданной $n < n_{зад.}$, первый 5 и второй 6 управляемые ключи включены, а третий 11 и четвертый 12 управляемые ключи выключены. Первый преобразователь частоты 4 со стороны силового входа подключен к выводам второй обмотки статора 9 асинхронного генератора 1. На силовом выходе первого преобразователя частоты 4 формируется напряжение с частотой и амплитудой в соответствии с выходным сигналом с выхода первого автоматического регулятора тока возбуждения 7.

Первая обмотка статора 2 генератора подключена к энергосистеме, вторая обмотка 10 ротора обесточена (третий 11 и четвертый 12 управляемые ключи отключены), а вторая обмотка 9 статора генератора оказывается отключенной от энергосистемы.

Возбуждение первой обмотки 3 ротора вызывает появление ЭДС в первой 2 и второй 9 обмотках статора асинхронного генератора.

На силовом выходе второго преобразователя частоты 13 напряжение отсутствует, чему соответствует обесточенное состояние второй обмотки статора 9. На первом и втором выходах переключающей контактной группы пятого управляемого ключа 16, при отсутствии сигнала на выходе компаратора 15, имеются логическая "1" и логический "0" соответственно. Наличие логического "0" на втором выходе ключа 16 (соответственно на выключающем входе первого преобразователя частоты 4) не препятствует прохождению сигнала от первого автоматического регулятора тока возбуждения 7, поступающего на управляющий вход первого преобразователя частоты 4.

Наличие логической "1" на первом выходе переключающей контактной группы пятого управляемого ключа 16, соответственно логической "1" на выключающем входе второго преобразователя частоты 13, обеспечивает выключенное состояние последнего, при этом вторая обмотка 10 ротора асинхронного генератора 1 оказывается обесточенной.

При превышении заданного значения частоты вращения ротора $n > n_{\text{зад}}$ в соответствии с сигналом с выхода датчика частоты вращения ротора 8 на выходе компаратора 15 появляется сигнал, вызывающий изменение характера логических сигналов на выходах переключающей контактной группы пятого управляемого ключа 16. На первом выходе пятого ключа 16 появляется логический "0", а на втором выходе логическая "1".

Появление логической "1" на втором выходе переключающей контактной группы пятого управляемого ключа 16 приведет к выключению первого преобразователя частоты 4, т.е. потере возбуждения асинхронного генератора 1. С выдержкой времени, определяемой процессом гашения поля генератора 1, сигнал логическая "1" поступает через второй блок задержки 18 на вторые входы управления первого 5 и второго 6 управляемых ключей и первый вход управления третьего управляемого ключа 11. Первый 5 и второй 6 управляемые ключи отключаются, а третий управляемый ключ 11 включается, при этом ток отсутствует как в обмотке 9, так и во второй обмотке возбуждения 10. Сигнал с сигнального выхода третьего управляемого ключа 11 поступает на первый вход управления четвертого управляемого ключа 12. После отключения второго управляемого ключа 6 сигнал с его сигнального выхода поступает на второй вход управления четвертого управляемого ключа 12.

Таким образом, при наличии сигналов логическая "1" на первом и втором входах управления четвертый управляемый ключ 12 включается и обеспечивает подключение второго преобразователя частоты 13 к выводам обмотки статора 2 генератора 1.

Одновременно изменение сигнала логическая "1" на сигнал логический "0" на первом выходе переключающей контактной группы пятого управляемого ключа 6, соответственно, и на выключающем входе второго преобразователя частоты 13 обеспечивает прохождение сигнала с выхода второго автоматического регулятора тока возбуждения 14 на управляющий вход второго преобразователя частоты 13. Последнее приводит к тому, что после включения четвертого управляемого ключа 12 на силовом выходе второго преобразователя частоты 13 появляется напряжение соответствующей амплитуды и частоты, которое будет приложено ко второй обмотке ротора 10 генератора 1. Таким образом, генератор 1 переходит с режима работы с обмотками статора 2 и ротора 3 с числом пар полюсов p_1 на режим работы с обмотками статора 9 и ротора 10 с числом пар полюсов p_2 .

На фиг. 2 представлены в качестве примера типичные зависимости мощности возбуждения (в процентах от полной мощности генератора 45 МВА) в функции частоты вращения ротора (при допустимом диапазоне регулирования частоты вращения ротора $\pm 20\%$):

1 - генератор с одной обмоткой на статоре и роторе, с числом пар полюсов - p

2 - генератор с двумя обмотками на статоре и роторе и числом пар полюсов одной из обмоток – p_1

3 - генератор с двумя обмотками на статоре и роторе и числом пар полюсов одной из обмоток (второй) - p_2

При изменении частоты вращения ротора генератора до 80% или до 120% от номинальной, мощность возбуждения достигает 33% от номинальной мощности генератора (кривая 1 фиг.2).

При расположении на статоре и роторе по две обмотки с числом пар полюсов, соответственно p_1 и p_2 , то максимальная величина мощности возбуждения при частотах вращения $n_{\min} = 80\%$ и $n_{\max} = 120\%$ от номинальной, может быть уменьшена в два раза (для рассматриваемого примера) при работе генератора, соответственно, с обмоткой на p_1 пар полюсов (кривая 2) и с обмоткой на p_2 пар полюсов (кривая 3).

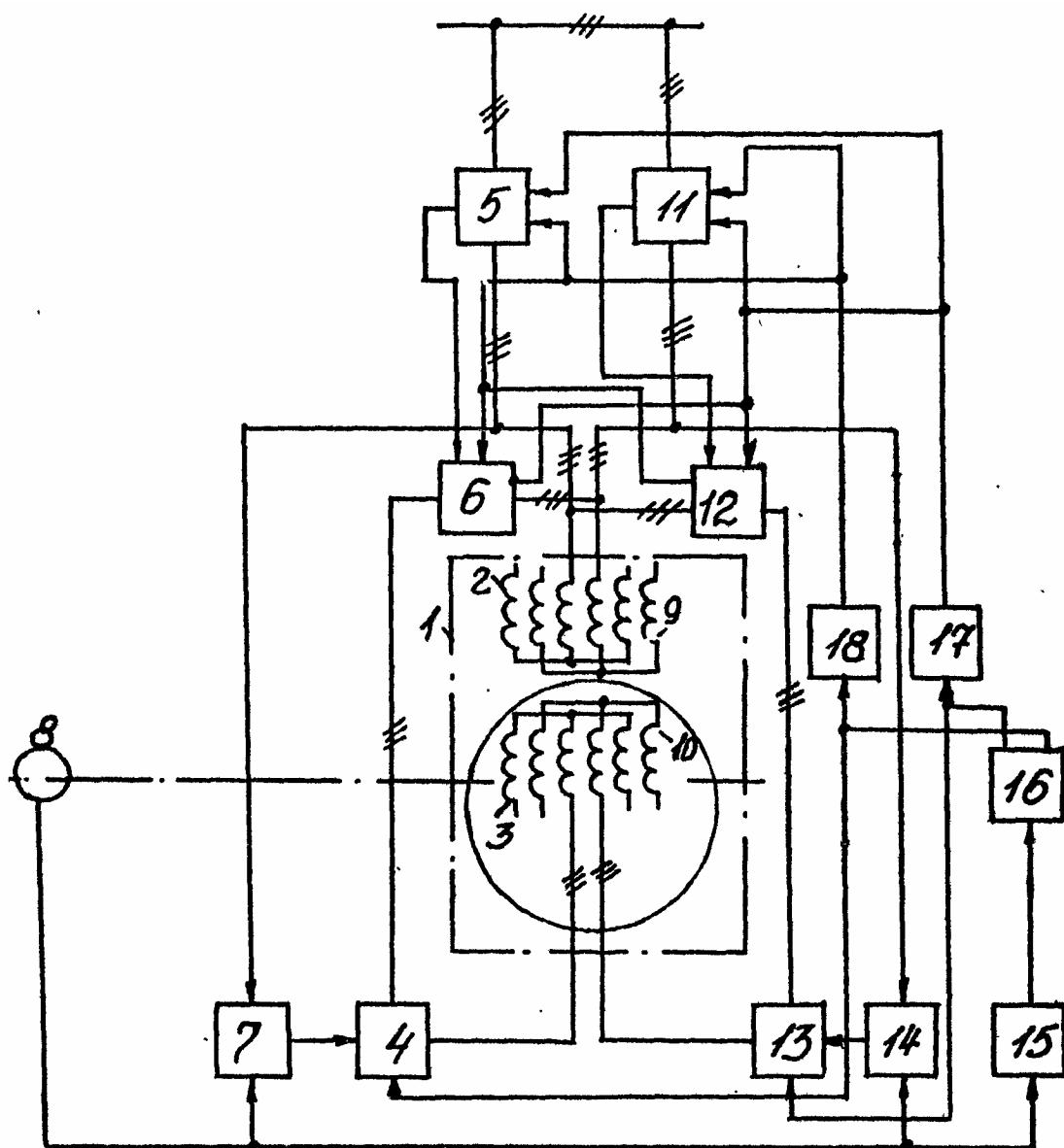
Используя известную зависимость синхронной частоты вращения ротора (n) от номинальной частоты тока сети (f_n) $n = \frac{60f_n}{p}$ предлагается при определении числа пар полюсов электрической

машины с двумя обмотками на статоре и роторе исходить из следующих соотношений

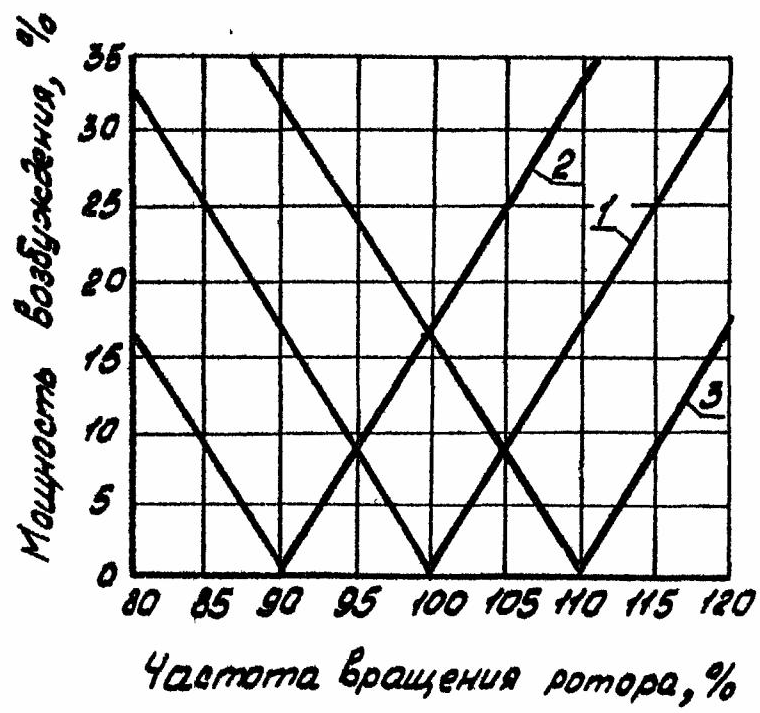
$p_1 = \frac{240f_n}{n_{\max} + 3n_{\min}}$, $p_2 = \frac{240f_n}{3n_{\max} + n_{\min}}$ с округлением полученных значений p_1 и p_2 до ближайшего целого и

четного числа, при котором обеспечивается выполнение двух схем обмотки с одинаковым числом пазов статора (ротора).

При реализации рассмотренного варианта генератора, номинальная частота вращения генератора, равная 100% одновременно может быть частотой, при которой происходит переход работы с числом пар полюсов p_1 на p_2 и наоборот. В качестве такой заданной частоты может быть выбрана частота, близкая к номинальной.



Фиг. 1



Фиг. 2