

УДК 621.311

И.В. Пантелеева, И.А. Рыкова

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

ВКЛЮЧЕНИЕ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ

Рассмотрены основные способы синхронизации генераторов, описаны достоинства и недостатки каждого из них. Основным достоинством способа самосинхронизации является ускорение процесса синхронизации и его сравнительная простота, вследствие чего он легко может быть автоматизирован. Преимущества самосинхронизации особенно важны в аварийных условиях при значительных колебаниях частоты и напряжения в энергосистеме. Недостатком способа самосинхронизации следует считать сравнительно большие толчки тока в момент включения.

Ключевые слова: синхронный генератор, синхронизация, энергосистема, электрическая станция.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

К числу основных потребителей электрической энергии относятся различные двигатели переменного тока, нагревательные и осветительные установки, а также преобразовательные установки, питающие системы постоянного тока. Все потребители включаются параллельно и представляют собой в сумме активно-индуктивные сопротивления, включенные в отдельные узлы электрической системы.

На электрических станциях обычно устанавливают несколько синхронных генераторов, включаемых параллельно для совместной работы. Благодаря тому, что параллельно включенные в систему генераторы связаны друг с другом электрически или через трансформаторы, их напряжения изменяются с одной и той же частотой, при этом электрические угловые скорости их роторов также одинаковы, т.е. они находятся в синхронизме. При этом повышается надежность работы электростанций и открывается возможность проведения ремонта генераторов без отключения потребителей [1].

Цель работы: рассмотреть различные способы синхронизации для синхронных генераторов небольшой мощности, их достоинства и недостатки; дать рекомендации к возможному применению каждого из способов.

Основной материал

Эксплуатация энергетических систем, включающих большое число электрических станций и трансформаторных подстанций, линий передач и потребителей, очень сложна.

При достаточно большой мощности электрической системы по сравнению с мощностью рассматриваемой машины мощность системы может считаться бесконечно большой. Это означает, что при любых изменениях режима работы включенной в систему синхронной машины частота и амплитуда U_c – напряжения системы на ее выводах, поддерживаемые всеми остальными генераторами системы, остаются постоянными, $U_c = \text{const}$, $f_c = \text{const}$. Наоборот, при регулировании частоты или напряжения системы за

счет воздействия на остальные генераторы системы влияние данного генератора может не учитываться, а изменение его работы оценивается по заданному изменению напряжения системы на его выводах.

При включении синхронного генератора в сеть на параллельную работу необходимо соблюдать следующие условия: ЭДС генератора в момент подключения его к сети должна быть равна и противоположна по фазе напряжению сети ($E_0 = -U_c$); частота ЭДС генератора f_g должна быть равна частоте переменного напряжения в сети f_c ; порядок следования фаз на выводах генератора должен быть таким же, что и на зажимах сети. Однако, включение генераторов в сеть сопровождается толчками уравнивающего тока, а также более или менее длительными качаниями вследствие того, что скорость вращения включаемого генератора может отличаться от синхронной скорости энергосистемы, а напряжение на его выводах (если генератор возбужден) – от напряжения на шинах энергосистемы. Для успешного включения генератора в сеть необходимо, чтобы толчок уравнивающего тока в момент включения не превышал допустимой величины, а его ротор втянулся в синхронизм без длительных качаний.

В эксплуатации применяются два основных способа включения генераторов на параллельную работу с энергосистемой: точная синхронизация и самосинхронизация. При включении генератора методом точной синхронизации он разворачивается до скорости, близкой к синхронной, и возбуждается. Затем вручную или с помощью автоматики уравниваются частоты и напряжения синхронизируемого генератора и сети. После этого подается импульс на включение генератора в сеть. Для того, чтобы толчок уравнивающего тока в момент включения был невелик, а качания ротора генератора быстро затухли, необходимо очень точно уравнивать частоты и напряжения генератора и сети, и выбрать соответствующий момент для подачи импульса на включение выключателя.

При самосинхронизации генератор разворачивается до скорости, близкой к синхронной, и включается в сеть не возбужденным. Ток возбуждения подается в обмотку ротора сразу же после выключателя гене-

ратора. Затем происходит нарастание тока ротора и ЭДС, и генератора втягивается в синхронизм.

В практике эксплуатации применяется также способ грубой синхронизации, при котором возбуждённая синхронная машина включается в сеть без точного уравнивания частот и напряжений.

На практике условия точной синхронизации выполняются не абсолютно точно, а допускаются некоторые отклонения, при которых обеспечивается успешная синхронизация: частота скольжения f_s допускается порядка $0,05 \div 0,1$ Гц, разность напряжений синхронизируемого генератора и сети допускается порядка $5 \div 7\%$. Причём, допустимым можно считать включение, при котором периодическая составляющая уравнивающего тока в момент включения не превосходит номинальный ток генератора.

Метод самосинхронизации рекомендуется применять в аварийных условиях на всех генераторах, а в нормальных условиях – на генераторах, работающих в блоке с трансформаторами, на гидрогенераторах и синхронных компенсаторах любой мощности, на турбогенераторах – мощностью меньше 3000 кВт, а также во всех случаях, когда величина периодической составляющей тока при включении данным методом не превышает $3,5 I_{H}$ генератора.

Однако, необходимо иметь в виду, что использование данного метода синхронизации сопровождается значительным снижением напряжения на выводах генератора, что в некоторых случаях может вызвать нарушение нормальной работы потребителей, подключённых к шинам генераторного напряжения.

Если же самосинхронизация будет происходить при большом остаточном напряжении, она сопровождается большими толчками тока, как несинхронное включение возбуждённого генератора. В случае включения генератора в сеть при большом скольжении или ускорении процесс самосинхронизации может затянуться и будет сопровождаться длительными качаниями.

На гидрогенераторах в ряде случаев принимаются специальные меры, для того чтобы уменьшить ускорение агрегата к моменту включения генератора в сеть. Поскольку машина, включаемая в сеть методом синхронизации, не возбуждена, момент её включения в сеть относительно фазы напряжения системы не имеет значения.

Выводы

Оба способа включения синхронных машин в сеть широко применяется в энергосистемах мира. Однако, каждому из этих способов присущи свои достоинства и недостатки:

1. Основным достоинством способа самосинхронизации является ускорение процесса синхронизации и его сравнительная простота, вследствие чего он легко может быть автоматизирован. Преимущества самосинхронизации особенно важны в аварийных условиях при значительных колебаниях частоты и напряжения в энергосистеме.

2. Недостатком способа самосинхронизации следует считать сравнительно большие толчки тока в момент включения, вследствие чего подгорают контакты выключателей и подвергаются дополнительным динамическим усилиям обмотки генераторов.

3. Вместе с тем жесткие требования, предъявляемые условиями точной синхронизации, делают ее более сложной, а в ряде случаев – более длительной операцией. Особенно это относится к аварийным условиям, когда вследствие резких колебаний частоты и напряжения становится практически невозможным точное уравнивание частот и напряжений синхронизируемого генератора и сети.

4. Самосинхронизация широко применяется в аварийных условиях, когда чрезвычайно важно ускорить включение генератора в сеть, а также при нормальных эксплуатационных условиях в случаях, когда включение генератора данным методом не представляет опасности для оборудования и энергосистемы.

5. Способ грубой синхронизации сопровождается большими толчками и качаниями, вследствие чего применяется только для включения машин малой мощности. Следовательно, способ грубой самосинхронизации можно применять для включения на параллельную работу с энергосистемой гидрогенераторов микро- и малых ГЭС.

Список литературы

1. Карелин В.Я. Сооружения и оборудование малых ГЭС. – М.: Энергия, 1985. – 546 с.

Поступила в редколлегию 19.01.2008

Рецензент: канд. техн. наук, доц. А.Б. Егоров, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

ВКЛЮЧЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ НА ПАРАЛЕЛЬНУ РОБОТУ

І.В. Пантелєєва, І.А. Рикова

Розглянуті основні способи синхронізації генераторів, описані достоїнства і недоліки кожного з них. Основною гідністю способу самосинхронізації є прискорення процесу синхронізації і його порівняльна простота, унаслідок чого він легко може бути автоматизований. Переваги самосинхронізації особливо важливі в аварійних умовах при значних коливаннях частоти і напруги в енергосистемі. Недоліком способу самосинхронізації слід вважати порівняно великі поштовхи струму у момент включення.

Ключові слова: синхронний генератор, синхронізація, паралельна робота, енергосистема, електрична станція.

INCLUDING OF SYNCHRONOUS GENERATORS ON PARALLEL WORK

I.V. Panteleeva, I.A. Rykova

The basic methods of synchronization of generators are considered, dignities and failings are described each of them. Basic dignity of method of самосинхронізації is an acceleration of process of synchronization and his comparative simplicity, what he easily can be automated because of. Advantages of самосинхронізації are especially important in emergency terms at the considerable vibrations of frequency and tension in a grid. It is necessary to consider the lack of method of самосинхронізації comparatively the large shoves of current in the moment of including.

Keywords: synchronous generator, synchronization, parallel work, grid, electric station.