

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11732

(13) С1

(46) 2009.04.30

(51) МПК (2006)

H 02J 3/46

(54) СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИМИ СИНХРОННЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

(21) Номер заявки: а 20070662

(22) 2007.05.31

(43) 2009.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Калентионок Евгений Васильевич; Филипчик Юрий Дмитриевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 583508, 1977.

RU 2256274 С1, 2005.

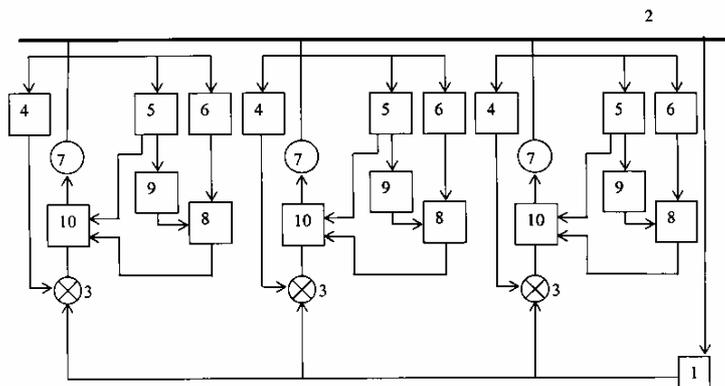
SU 1424679 А1, 1993.

SU 1571629 А1, 1990.

SU 1492415 А1, 1989.

(57)

Способ распределения реактивной нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами, при котором измеряют напряжение на шинах синхронных генераторов, реактивную и активную нагрузки синхронных генераторов, определяют предельно допустимые реактивные нагрузки синхронных генераторов и вырабатывают управляющий сигнал на изменение тока возбуждения синхронных генераторов, **отличающийся** тем, что измеряют значения углов сдвига векторов электродвижущей силы синхронных генераторов относительно векторов напряжения на шинах синхронных генераторов и изменяют ток возбуждения синхронных генераторов в зависимости от сигнала рассогласования значений углов сдвига векторов электродвижущей силы синхронных генераторов относительно векторов напряжения на шинах синхронных генераторов и управляющего сигнала, при этом ток возбуждения синхронных генераторов ограничивают предельно допустимыми значениями.



Фиг. 1

ВУ 11732 С1 2009.04.30

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к области управления режимами работы синхронных генераторов электростанций.

Известен способ распределения реактивной нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами, состоящий в том, что измеряют напряжение на шинах синхронных генераторов, реактивную и активную нагрузки параллельно работающих синхронных генераторов, определяют предельно допустимую нагрузку синхронных генераторов, изменяют ток возбуждения в зависимости от сигнала рассогласования, определяют синхронный генератор, отключаемый при возникновении аварийной ситуации в энергосистеме, и изменяют ток возбуждения этого синхронного генератора в зависимости от сигнала рассогласования реактивной нагрузки этого синхронного генератора и его предельно допустимой потребляемой реактивной нагрузки [1].

Однако данный способ применим только для электрических станций, на которых установлена противоаварийная автоматика.

Наиболее близким по технической сущности к данному изобретению является способ распределения реактивной нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами путем измерения напряжения на шинах синхронных генераторов, активной и реактивной нагрузки каждого из параллельно работающих синхронных генераторов, определение предельно допустимой реактивной нагрузки синхронных генераторов и изменение тока возбуждения в зависимости от сигнала рассогласования таким образом, чтобы соотношение между текущим и предельно допустимым значениями реактивной мощности у всех параллельно работающих синхронных генераторов было одинаково [2].

Недостатком такого способа является то, что распределение реактивной мощности осуществляется в зависимости от теплового режима работы обмоток синхронного генератора без учета условий устойчивости электростанции в аварийных ситуациях, что снижает устойчивость функционирования энергосистемы.

Задачей изобретения является повышение устойчивости функционирования электростанций энергосистемы.

Сущность способа заключается в том, что в способе распределения реактивной нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами, при котором измеряют напряжение на шинах синхронных генераторов, реактивную и активную нагрузки синхронных генераторов, определяют предельно допустимые реактивные нагрузки синхронных генераторов и вырабатывают управляющий сигнал на изменение тока возбуждения синхронных генераторов, дополнительно измеряют значение углов сдвига векторов электродвижущей силы синхронных генераторов относительно вектора напряжения на шинах синхронных генераторов и изменяют ток возбуждения синхронных генераторов в зависимости от сигнала рассогласования значений углов сдвига векторов электродвижущей силы синхронных генераторов относительно вектора напряжения на шинах синхронных генераторов и управляющего сигнала, при этом ток возбуждения синхронных генераторов ограничивают предельно допустимыми значениями.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый способ, на фиг. 2 - угловые характеристики трех синхронных генераторов электростанции.

На фиг. 1 представлена функциональная схема устройства для реализации предполагаемого способа распределения реактивной мощности между параллельно работающими синхронными генераторами электростанции.

Устройство, реализующее способ, состоит из центрального регулятора 1 напряжения шин 2, соединенного с одним из входов блоков 3 сравнения, другие входы которых подключены к выходам датчиков 4 угла δ . Входы датчиков 5 реактивной нагрузки и датчика 6 активной нагрузки соединены с входами генераторов 7. Входы функциональных преобразователей 8 соединены с выходами датчиков 6 активной нагрузки и входами нуль-

ВУ 11732 С1 2009.04.30

индикаторов 9. Вход нуль-индикаторов 9 соединен с одним из выходов датчиков 5 реактивной нагрузки. На входы регуляторов 10 возбуждения подаются выходные сигналы от блоков 3 сравнения, датчиков 5 реактивной нагрузки и функциональных преобразователей 8. Результирующий сигнал рассогласования поступает на входы синхронных генераторов 7.

Устройство работает следующим образом.

С помощью центрального регулятора 1 измеряется напряжение на шинах 2 и преобразуется в одинаковые сигналы, которые подаются на входы блоков 3 сравнения. Величины активных нагрузок синхронных генераторов 7 измеряемые датчиками 6 активной нагрузки, преобразуются функциональными преобразователями 8 в сигналы пропорциональные предельно допустимым величинам реактивной нагрузки синхронных генераторов 7. Один из выходных сигналов датчиков 5 реактивной нагрузки подключен к входу нуль-индикаторов 9. Нуль-индикаторы 9 определяют режим работы синхронных генераторов (потребление или генерация реактивной мощности), и в зависимости от режима выходными сигналами настраивают масштабные элементы функциональных преобразователей 8. На входы блоков 3 сравнения поступают выходные сигналы от датчиков 4 угла δ и центрального регулятора 1. Сформированный сигнал рассогласования блоков 3 сравнения поступает на один из входов регуляторов 10 возбуждения. В зависимости от сигнала рассогласования блоков 3 сравнения изменяется напряжение и соответственно ток возбуждения синхронных генераторов 7 для устранения этого рассогласования. Установившийся режим синхронных генераторов 7 по реактивной мощности наступает в том случае, когда сигналы с датчиков 4 угла δ и центрального регулятора 1 уравниваются в блоке 3 сравнения. Это возможно в том случае, когда напряжение на шинах 2 достигает требуемого значения, а на синхронных генераторах 7 устанавливаются реактивные мощности, обеспечивающие равенство углов δ на всех синхронных генераторах. Тем самым обеспечиваются равные условия устойчивости всех параллельно работающих синхронных генераторов и максимально возможный, при данном значении активной нагрузки, уровень устойчивости электростанции.

В процессе регулирования напряжения шин 2 реактивные нагрузки синхронных генераторов 7 изменяются и могут достигать предельно допустимых значений, как в режиме выдачи, так и потребления реактивной мощности. При этом регуляторы 10 возбуждения в соответствии с полученными сигналами от датчиков 5 реактивной нагрузки и функциональных преобразователей 8 ограничивают ток возбуждения предельно допустимыми значениями по условию нагрева, как в режиме потребления, так и в режиме выдачи реактивной мощности.

Повышение устойчивости электростанции при реализации предлагаемого способа объясняется следующим образом.

При работе разнотипных синхронных генераторов электростанции или однотипных, но с различными значениями активной мощности, максимальный уровень устойчивости электростанции будет достигнут при равенстве коэффициентов запаса по активной мощности всех синхронных генераторов

$$K_{p1} = K_{p2} = \dots = K_{pn}, \quad (1)$$

где K_{p1} - коэффициент запаса по активной мощности 1-го синхронного генератора;

K_{p1} - коэффициент запаса по активной мощности 2-го синхронного генератора;

K_{p2} - коэффициент запаса по активной мощности n-го синхронного генератора;

n - количество синхронных генераторов на электростанции.

Коэффициент запаса по активной мощности синхронного генератора находится по формуле:

$$K_P = \frac{P_M - P}{P_M} = \frac{P_M - P_M \sin \delta}{P_M}, \quad (2)$$

где $P_M = \frac{E \cdot U}{X_\Sigma}$ - предельное значение мощности синхронного генератора по условию ста-

тической устойчивости;

P - действительная передаваемая мощность синхронного генератора в энергосистему;

E - электродвижущая сила (ЭДС) синхронного генератора;

U - напряжение на шинах приемной энергосистемы;

δ - угол сдвига вектора электродвижущей силы синхронного генератора \underline{E} относительно вектора напряжения системы \underline{U} ;

X_Σ - результирующее индуктивное сопротивление синхронного генератора и сети энергосистемы.

Находя коэффициенты запаса по активной мощности каждого синхронного генератора, согласно формуле (2), и подставляя в равенство (1), получаем

$$\frac{P_{M1} - P_{M1} \sin \delta_1}{P_{M1}} = \frac{P_{M2} - P_{M2} \sin \delta_2}{P_{M2}} = \dots = \frac{P_{Mn} - P_{Mn} \sin \delta_n}{P_{Mn}}, \quad (3)$$

где индексы 1, 2, ..., n означают номера синхронных генераторов электростанции.

После несложных преобразований равенства (2) получим, что оно будет выполняться при соблюдении условия

$$\delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_n = \delta_0, \quad (4)$$

где δ_0 - общее значение угла δ для всех синхронных генераторов.

Таким образом, чтобы обеспечить максимальный уровень статической устойчивости электростанции необходимо, чтобы все синхронные генераторы работали с одинаковым углом δ_0 вне зависимости от их типа и загрузки по активной мощности. Этого можно достичь путем изменения значения тока возбуждения на синхронных генераторах, т.е. предполагаемым способом распределять реактивную нагрузку между параллельно работающими синхронными генераторами.

В качестве примера рассмотрим электростанцию с тремя синхронными генераторами, работающими с разными активными мощностями P_1 , P_2 , и P_3 (фиг. 2). Для того чтобы эти синхронные генераторы работали с одинаковым углом δ_0 , необходимо изменить их угловые характеристики мощности (кривая 11 для первого синхронного генератора, кривая 12 - второго синхронного генератора и кривая 13 - третьего синхронного генератора). Поскольку угловая характеристика определяется выражением

$$P = \frac{E \cdot U}{X_\Sigma} \sin \delta, \quad (5)$$

то количественно она может изменяться изменением E , значение которой пропорционально току возбуждения синхронного генератора i_f и реактивной мощности Q . Поскольку $P_1 > P_2 > P_3$, то для выполнения равенства (4) необходимо чтобы $i_{f1} > i_{f2} > i_{f3}$ и соответственно $Q_1 > Q_2 > Q_3$. Таким образом, чтобы в максимальной степени обеспечить условия устойчивости электростанции необходимо, чтобы ее наиболее загруженные синхронные генераторы имели наибольшую реактивную мощность, а наименее загруженные - наименьшую. Таким образом, коэффициенты запаса статической устойчивости по активной мощности всех параллельно работающих синхронных генераторов выравниваются. Если этот принцип не соблюдается, то при аварийном возмущении нарушение устойчивости происходит на синхронном генераторе с меньшим коэффициентом запаса. Это вызывает большие колебания напряжения, тока, мощности на электростанции и приводит к нарушению устойчивости других синхронных генераторов и развитию аварии.

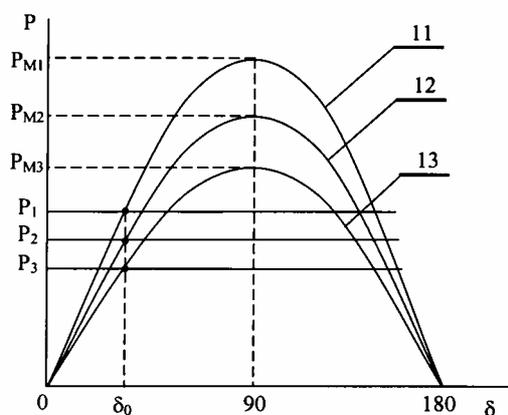
ВУ 11732 С1 2009.04.30

Предложенный способ повышает устойчивость электростанции, что позволяет предотвратить развитие аварии в энергосистеме и погашения потребителей электроэнергии.

Устройство, реализующее данный способ, может быть изготовлено на базе типовых блоков и регуляторов или управляющей ЭВМ.

Источники информации:

1. А.с. СССР 1417106, МПК Н 02J 3/46 // БИ № 30. - 1988.
2. А.с. СССР 583508, МПК Н 02J 3/46 // БИ № 45. - 1977.



Фиг. 2