

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 14787

(13) С1

(46) 2011.10.30

(51) МПК

H 02H 3/48 (2006.01)

H 02J 3/24 (2006.01)

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ДЕЛЕНИЕМ ЕЕ ПО ОДНОЙ ИЗ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, МЕЖДУ КОТОРЫМИ РАСПОЛОЖЕНЫ УЗЛЫ НАГРУЗКИ, НА ДВЕ НЕСИНХРОННО РАБОТАЮЩИЕ ЧАСТИ

(21) Номер заявки: а 20090864

(22) 2009.06.12

(43) 2011.02.28

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

(72) Автор: Филипчик Юрий Дмитриевич (ВУ)

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

(56) SU 477502, 1978.

RU 2042246 С1, 1995.

RU 2069437 С1, 1996.

RU 2316099 С1, 2008.

RU 2316101 С1, 2008.

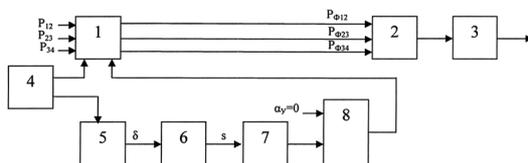
AM 1629 А2, 2005.

SU 16636691 А1, 1991.

SU 1705951 А1, 1992.

(57)

Способ автоматической ликвидации асинхронного режима энергосистемы делением ее по одной из контролируемых линий электропередачи, между которыми расположены узлы нагрузки, на две несинхронно работающие части, в котором измеряют величину потоков активной мощности в контролируемых линиях, угол между векторами электродвижущих сил эквивалентных генераторов частей энергосистемы, определяют значение ускорения изменения этого угла; при равенстве нулю ускорения запоминают величины потоков активной мощности в контролируемых линиях; путем поочередного сравнения определяют по ним линию с минимальным значением потока активной мощности и при возникновении асинхронного режима подают сигнал на ее отключение.



Фиг. 1

Изобретение относится к области противоаварийного управления энергосистемами и предназначено для автоматической ликвидации асинхронного режима путем деления энергетической системы по одной из контролируемых линий электропередачи на две несинхронно работающие части.

ВУ 14787 С1 2011.10.30

# BY 14787 C1 2011.10.30

Известен способ ликвидации асинхронного режима энергосистемы, основанный на выявлении и различии асинхронного режима электростанции относительно энергосистемы, отключении одной из линий связи и разгрузке электростанции [1].

Недостатком данного способа является то, что деление происходит без учета величины и направления мощности в контролируемых сечениях деления, а также отсутствует выбор отключаемой линии при асинхронном режиме электростанции относительно энергосистемы.

Наиболее близким к предлагаемому способу по технической сущности и достигаемому результату является способ для автоматического деления энергосистемы на две несинхронно работающие части по одной из контролируемых линий электропередач, между которыми расположены узлы нагрузки, где измеряют потоки активной мощности в контролируемых линиях, запоминают эти потоки, определяют по ним путем поочередного сравнения линию с минимальным потоком активной мощности и при возникновении асинхронного режима подают сигнал на ее отключение [2].

Недостатком такого способа является то, что деление производится по параметрам доаварийного режима, что не позволяет обеспечить наименьший небаланс активных мощностей в разделившихся частях энергосистемы при возникновении асинхронного режима. Деление энергосистемы по точке потока раздела активной мощности в доаварийном режиме по условию минимума небаланса активной мощности в разделившихся частях энергосистемы допустимо производить только при асинхронных режимах, которые не были вызваны отключением части нагрузки или генерации. Это объясняется тем, что изменение потоков активной мощности по линиям связи по сравнению с доаварийным режимом незначительно и вызвано только изменением сопротивления сети.

В случаях когда асинхронный режим вызван отключением части генерирующей мощности в дефицитной энергосистеме или отключением части нагрузки промежуточных подстанций, точка потокораздела, изменяется и при делении системы по параметрам доаварийного режима может появиться значительный небаланс активной мощности.

Задачей изобретения является оптимизация выбора места деления энергосистемы при асинхронных режимах, обеспечивающая наименьший небаланс активной мощности в разделившихся частях энергосистемы.

Сущность способа автоматической ликвидации асинхронного режима энергосистемы делением ее по одной из контролируемых линий электропередачи, между которыми расположены узлы нагрузки, на две несинхронно работающие части состоит в том, что измеряют величину потоков активной мощности в контролируемых линиях, угол между векторами электродвижущих сил эквивалентных генераторов частей энергосистемы, определяют значение ускорения изменения этого угла; при равенстве нулю ускорения запоминают величины потоков активной мощности в контролируемых линиях; путем поочередного сравнения определяют по ним линию с минимальным значением потока активной мощности и при возникновении асинхронного режима подают сигнал на ее отключение.

Устройство, реализующее способ автоматического деления энергосистемы на две несинхронно работающие части, поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена функциональная схема устройства, на фиг. 2 - принципиальная схема исследуемой энергосистемы, на фиг. 3 - зависимости параметров режима при асинхронном режиме.

Функциональная схема, представленная на фиг. 1, состоит из блока 1 фиксации мощностей, на три входа которого подаются значения измеренных потоков активной мощности в контролируемых линиях, соединенного с входами блока 2 выбора сечения деления, выходной сигнал которого подается на вход блока 3 отключения выбранной линии. Выходные сигналы блока 4 выявления асинхронного режима подаются на четвертый вход блока 1 фиксации мощностей и на первый вход блока 5 измерения угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов частей энергосистемы, величины которых подаются на второй и третий входы. Сигнал с выхода блока 5 подается на вход дифференциатора 6, с

которого выходной сигнал поступает на вход дифференциатора 7, выход которого соединен с первым входом блока 8 сравнения текущего ускорения угла с заданной уставкой, которая подается на второй вход. Выходной сигнал блока 8 сравнения подается на пятый вход блока 1 фиксации мощностей.

Устройство работает следующим образом.

В блок 1 подаются значения измеренных мощностей, протекающих в контролируемых линиях. При начале асинхронного режима на выходах блока 4 выявления асинхронного режима появляются положительные сигналы, один из которых подается на вход блока 1 измерения мощностей, а другой - на вход блока 5 измерения угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов. Значения векторов ЭДС эквивалентных генераторов поступают на первый и второй входы блока 5, где определяется угол между ними, который подается на вход дифференциатора 6, выходной сигнал которого подается на вход дифференциатора 7. Сигнал с выхода дифференциатора 7, пропорциональный ускорению изменения относительного угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов, подается на первый вход блока 8 сравнения, где сравнивается со значением уставки, подаваемой на второй вход. При равенстве нулю значения ускорения изменения относительного угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов с выхода блока 8 сравнения на второй вход блока 1 измерения мощностей подается сигнал на запоминание величины потоков активной мощности в контролируемых линиях. После чего зафиксированные значения мощностей подаются на вход блока 2 выбора сечения деления, где путем последовательного сравнения определяется линия с минимальным потоком активной мощности и номер выключателя, сигнал на отключение которого подается на вход блока 3 отключения линии.

Оптимизацию выбора сечения деления энергосистемы в асинхронных режимах при реализации предлагаемого способа можно показать с использованием принципиальной схемы энергетической системы, представленной на фиг. 2, состоящей из двух эквивалентных генераторов, соединенных линиями электропередачи с расположенными между ними нагрузками.

При возникновении асинхронного режима между энергосистемами по линиям связи его ликвидацию можно осуществить в точках 1-4 (фиг. 2). При этом нагрузка промежуточных подстанций определенным образом распределяется между энергосистемами. Деление энергосистемы не должно приводить к такому небалансу активной мощности в разделившихся частях, который опасен в отношении аварийного повышения или понижения частоты либо в отношении перегрузки линии электропередачи. Для выполнения этого требования необходимо производить деления по сечению с минимальным потоком активной мощности в асинхронном режиме при достижении относительным углом между ЭДС эквивалентных генераторов значения, равного углу мгновенного равновесия  $\delta_p$ , при котором механическая мощность турбины равна электрической мощности эквивалентного генератора.

С математической точки зрения скорость изменения относительного угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов есть его производная по времени  $s = \frac{d\delta}{dt}$ , а уско-

рение есть его вторая производная по времени  $\alpha = \frac{d^2\delta}{dt^2}$ .

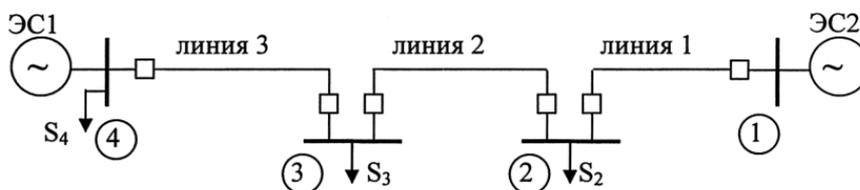
При синхронных качаниях скольжение относительного угла периодически меняет свой знак, а в режиме асинхронного хода знак взаимного скольжения остается постоянным. Изменение знака ускорения относительного угла при асинхронном ходе, возникшем, к примеру, из-за отключения части генерирующей мощности в энергосистеме ЭС1, происходит при прохождении ее через ноль в моменты равенства относительного угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов критическому углу  $\delta = \delta_{кр}$  или углу мгновен-

ного равновесия  $\delta = \delta_p$  (электрическая мощность эквивалентного генератора равна механической мощности турбины) (фиг. 3). В режиме мгновенного равновесия потоки мощности в контролируемых линиях и нагрузка промежуточных подстанций соответствуют параметрам установившегося режима при отключенных генераторах в ЭС1, повлекших начало асинхронного хода.

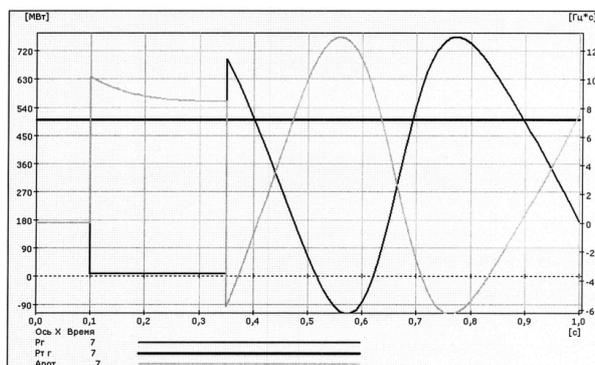
Таким образом, запоминание потоков активной мощности в контролируемых линиях электропередачи при равенстве нулю ускорения изменения относительного угла между векторами ЭДС эквивалентных генераторов энергосистемы и нахождение по данным потокам точки потокораздела или линии с минимальным потоком позволяет произвести деление энергосистемы на две несинхронно работающие части с минимальным небалансом активной мощности в разделившихся частях энергосистемы.

Источники информации:

1. А.С. СССР 1511802, МПК Н 02J 3/24, 1989.
2. А.С. СССР 477502, МПК Н 02J 3/24, 1975.



Фиг. 2



Фиг. 3