

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 14454

(13) С1

(46) 2011.06.30

(51) МПК (2009)

Н 02Н 3/48

(54)

СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

(21) Номер заявки: а 20081628

(22) 2008.12.18

(43) 2010.08.30

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

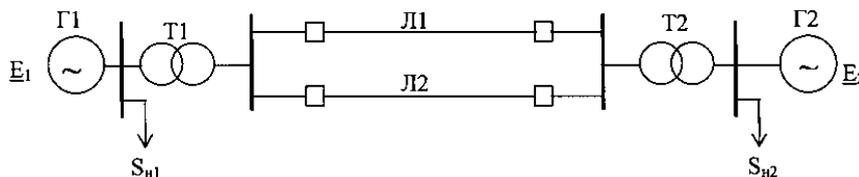
(72) Авторы: Калентионок Евгений Васильевич; Филипчик Юрий Дмитриевич (ВУ)

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

(56) RU 2159981 С2, 2000.
RU 2162270 С2, 2001.
RU 2204877 С1, 2003.
RU 2316098 С1, 2008.
SU 1663693 А1, 1991.

(57)

Способ автоматического предотвращения асинхронного режима в энергосистеме путем измерения угла δ между ЭДС эквивалентного генератора и ЭДС энергосистемы, его ускорения и в момент времени, когда указанное ускорение $d^2\delta/dt^2$ достигает нулевого значения, фиксации значения угла δ_1 , сравнения угла δ с уставкой $\delta_{уст}$ и, если указанный угол достигает или превышает значение уставки или указанное ускорение не достигает нулевого значения при изменении угла δ в пределах от исходного предаварийного состояния δ_0 до заданного, подачи сигнала на отключение линии электропередачи, когда угол δ равен заданному, **отличающийся** тем, что измеряют синхронизирующую мощность эквивалентного генератора, а в момент времени, когда синхронизирующая мощность достигает нулевого значения, фиксируют значение угла δ_m , определяют уставку как разность $\delta_{уст} = 2\delta_m - \delta_1$, а заданный угол принимают равным δ_m .



Фиг. 1

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к области противоаварийной автоматики по предотвращению или ликвидации асинхронного режима электроэнергетических систем.

Известен способ предотвращения асинхронного режима путем измерения угла δ между эквивалентными ЭДС энергосистем, сравнения его значения с уставкой $\delta_{уст}$ и, если угол превышает уставку, подачи сигнала на отключение линии связи между энергосистемами, что предотвращает асинхронный ход [1].

ВУ 14454 С1 2011.06.30

Недостатком данного способа является то, что уставка по углу $\delta_{уст}$ в общем случае зависит от параметров энергосистем, исходного и аварийного режима, а также вида и длительного возмущения и может изменяться в большом диапазоне значений. Если установить определенное значение уставки $\delta_{уст}$ до аварии, то в этом случае устройство, реализующее способ, может произвести излишнее отключение связи между энергосистемами в устойчивом режиме или не отключать ее, когда режим энергосистем будет неустойчив. Это связано с тем, что уставка $\delta_{уст}$ выбирается исходя из определенной расчетной аварии и остается неизменной при остальных аварийных ситуациях.

Наиболее близким к изобретению является способ автоматического предотвращения асинхронного режима в энергосистеме путем измерения угла δ между ЭДС эквивалентного генератора и ЭДС энергосистемы, сравнения угла δ с уставкой и, если указанный угол достигает или превышает значение уставки $\delta_{уст}$, подачи сигнала на отключение линии электропередачи, измерения ускорения $d^2\delta/dt$, и в момент времени, когда указанное ускорение достигает нулевого значения, фиксируют значение угла δ_1 , а уставку определяют как разность $\delta_{уст} = \pi - \delta_1$, причем, если указанное ускорение не достигнет нулевого значения при изменении угла δ в пределах от исходного предаварийного состояния δ_0 до $\pi/2$, подают сигнал на отключение в момент, когда угол $\delta = \pi/2$ [2].

Однако этот способ имеет низкую точность в определении уставки $\delta_{уст}$, так как для оценки устойчивости использованы идеализированные, синусоидальные угловые характеристики электрической системы, не учитывающие активные сопротивления синхронных машин, трансформаторов, линий электропередач, зарядные мощности цепей линий и нагрузки потребителей. При учете таких параметров схемы угловые характеристики мощности электрической системы имеют более сложный, не синусоидальный характер. Они, например, смещаются вверх и вправо или влево относительно основной синусоидальной зависимости [3]. Поэтому в общем случае $\delta_{уст} \neq \pi - \delta_1$, так как угол, равный $\pi - \delta_1$, не является границей квазиустойчивого состояния системы. Кроме того, торможение ротора возможно и при углах $\delta > \pi/2$, поэтому отключение линии при $\delta = \pi/2$ может быть излишним.

Задачей изобретения является повышение точности определения углов, при которых подается сигнал на отключение линии электропередачи для предотвращения асинхронного режима в энергосистеме.

Сущность способа заключается в том, что в способе автоматического предотвращения асинхронного режима в энергосистеме путем измерения угла δ между ЭДС эквивалентного генератора и ЭДС энергосистемы, его ускорения и в момент времени, когда указанное ускорение $d^2\delta/dt^2$ достигает нулевого значения, фиксации значения угла δ_1 , сравнения угла δ с уставкой $\delta_{уст}$ и, если указанный угол достигает или превышает значение уставки или указанное ускорение не достигает нулевого значения при изменении угла δ в пределах от исходного предаварийного состояния δ_0 до заданного, подачи сигнала на отключение линии электропередачи, когда угол δ равен заданному, дополнительно измеряют синхронизирующую мощность эквивалентного генератора, а в момент времени, когда синхронизирующая мощность достигает нулевого значения, фиксируют значение угла δ_m , определяют уставку как разность $\delta_{уст} = 2\delta_m - \delta_1$, а заданный угол принимают равным δ_m .

Сущность изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 приведена принципиальная схема электрической системы, на фиг. 2 и 3 - графические зависимости параметров электромеханического переходного процесса в аварийном режиме. Эквивалентный генератор на фиг. 1 представлен генератором Г1, который через повышающий трансформатор Т1, две линии электропередачи Л1 и Л2, трансформатор Т2 присоединен к шинам мощной энергосистемы, представленной генератором Г2 и нагрузкой $S_{н2}$. На шины эквивалентного генератора включена нагрузка $S_{н1}$. В этом случае активная мощность эквивалентного генератора может быть определена по формуле

$$P_r = E_1^2 y_{11} \sin \alpha_{11} + E_1^2 E_2^2 y_{12} \sin(\delta - \alpha_{12}), \quad (1)$$

где E_1 - ЭДС эквивалентного генератора;

E_2 - ЭДС энергосистемы;

y_{11}, α_{11} - модуль и фаза собственной проводимости;

y_{12}, α_{12} - модуль и фаза взаимной проводимости.

Синхронизирующая мощность эквивалентного генератора определяется как

$$P_{\text{син}} = \frac{dP}{d\delta} = E_1^2 E_2^2 y_{12} \cos(\delta - \alpha_{12}). \quad (2)$$

На фиг. 2 показана угловая характеристика мощности (зависимость 1) при передаче мощности P_0 по двум линиям электропередачи. В этом случае установившийся нормальный режим наступает в точке а и характеризуется мощностью P_0 и углом δ_0 . При отключении линии электропередачи Л1 мощность на валу турбины эквивалентного генератора останется неизменной $P_r = P_0$, а угловая характеристика мощности изменится (зависимость 2, фиг. 2), и режим перейдет с точки а в точку б. В результате этого активная мощность генератора станет меньше мощности турбины ($P_r < P_T$) и на валу ротора эквивалентного генератора возникнет небаланс мощностей $(P_0 - P_r) > 0$, под воздействием которого скорость вращения ротора и угол δ начнут увеличиваться. С увеличением угла δ активная электрическая мощность генератора P_r будет увеличиваться (фиг. 2), синхронизирующая мощность $P_{\text{син}}$ уменьшаться (зависимость 4, фиг. 2), как уменьшаться и ускорение α (зависимость 3, фиг. 2) из-за уменьшения небаланса мощностей $(P_0 - P_r)$. При угле δ_1 в точке с наступает баланс мощностей $P_r = P_T = P_0$, при котором ускорение $\alpha = 0$. Таким образом, при нулевом ускорении можно зафиксировать значение угла δ_1 . Однако переходный процесс в точке с не заканчивается. Под воздействием запасенной кинетической энергии режим работы переходит правее точки с, при этом мощность генератора становится больше мощности турбины $P_r > P_T$, ротор эквивалентного генератора начинает тормозиться, ускорение и синхронизирующая мощность еще больше уменьшаются. При угле δ_m электрическая мощность генератора достигает своего максимума $P_r = P_m$, а синхронизирующая мощность $P_{\text{син}} = 0$. Таким образом, при нулевом значении синхронизирующей мощности можно зафиксировать значение угла δ_m . Границу квазиустойчивого состояния рассматриваемой системы, определяемой критическим углом $\delta_{\text{уст}}$, можно определить из уравнения

$$\delta_{\text{уст}} = \delta_m + (\delta_m - \delta_1) = 2\delta_m - \delta_1. \quad (3)$$

Если площадка ускорения f_{abca} меньше площадки торможения f_{cdec} , то ротор генератора затормозится, угол δ не достигнет угла $\delta_{\text{уст}} = 2\delta_m - \delta_1$ и рассматриваемая система будет устойчива, асинхронный режим не наступит. В этом случае отключать линию Л2 нет необходимости. Если же площадка ускорения $f_{\text{abca}} > f_{\text{cdec}}$, то угол δ достигнет и станет больше критического угла $\delta_{\text{уст}}$. В этом случае электрическая мощность генератора станет опять меньше механической мощности турбины и ротор не будет тормозиться, а, наоборот, получит ускорение $\alpha > 0$ (зависимость 3, фиг. 2), и наступит асинхронный режим. Таким образом, для предотвращения асинхронного режима автоматикой должен быть подан сигнал на отключение линии Л2 при достижении углом δ уставкой $\delta_{\text{уст}} = 2\delta_m - \delta_1$.

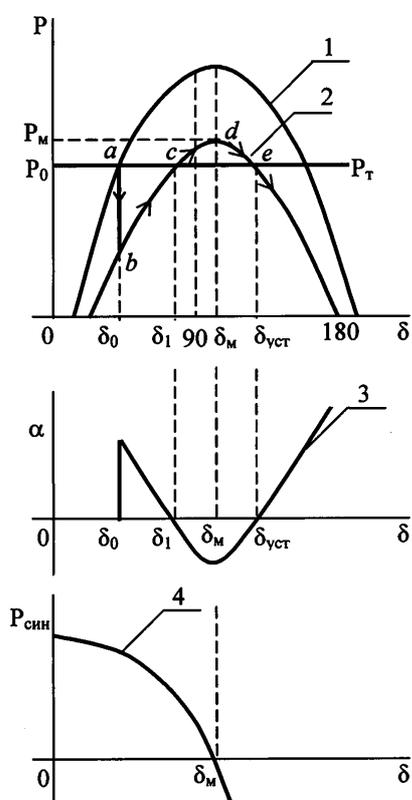
В случае если ускорение α сохраняет положительный знак при любом изменении угла δ (зависимость 3, фиг. 3), это означает, что электрическая мощность генератора всегда меньше механической мощности турбины $P_r < P_T$ (фиг. 3), ротор не сумеет затормозиться, угол δ будет неограниченно вырастать, это приведет к выпадению генератора из синхронизма и возникновению асинхронного режима. Поэтому для предотвращения асинхронного режима в случае, когда даже максимальная электрическая мощность, достигаемая при угле δ_m , меньше механической $P_m < P_0$, необходимо подать сигнал на отключение линии

электропередачи Л2 при угле $\delta = \delta_m$. В этом случае, как и в ранее рассмотренном, значение угла δ_m фиксируют при нулевом значении синхронизирующей мощности.

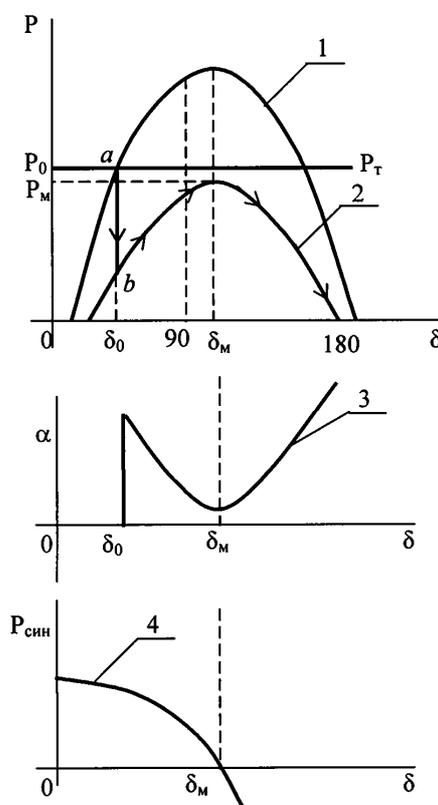
Данный способ может быть реализован с помощью известных микропроцессорных устройств предотвращения или ликвидации асинхронного режима [4].

Источники информации:

1. А.с. СССР 1026232, МПК Н 02J 3/24, 1983.
2. Патент РФ 2159981, МПК Н 02Н 3/48, 2000.
3. Калентионюк Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем. - Минск: Техноперспектива, 2008. - С. 90-93.
4. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - С. 374-380.



Фиг. 2



Фиг. 3