

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 14788

(13) С1

(46) 2011.10.30

(51) МПК

H 02J 3/24 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ АВАРИЯХ, СВЯЗАННЫХ С Понижением ЧАСТОТЫ И НАПРЯЖЕНИЯ, ПОСРЕДСТВОМ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

(21) Номер заявки: а 20090867

(22) 2009.06.12

(43) 2011.02.28

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

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

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

(56) RU 2080727 С1, 1997.

ВУ 11732 С1, 2009.

RU 2070761 С1, 1996.

RU 2076421 С1, 1997.

RU 2199807 С2, 2003.

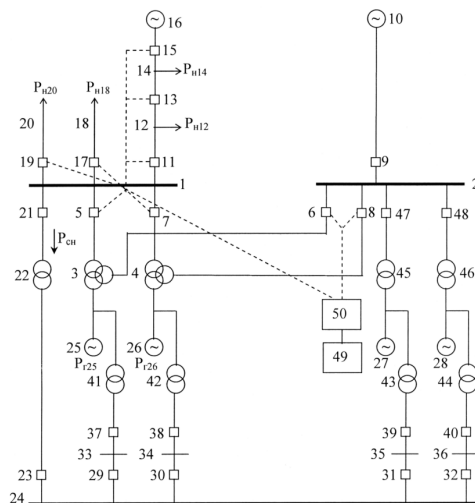
UA 50434 А, 2002.

SU 1714745 А1, 1992.

US 5302906 А, 1994.

(57)

Способ повышения живучести энергосистемы при авариях, связанных с понижением частоты и напряжения, посредством выделения энергоблоков электростанции, в котором осуществляют перевод собственных нужд части энергоблоков на питание от резервных трансформаторов собственных нужд, измеряют мощность нагрузки собственных нужд энергоблоков на резервных трансформаторах, нагрузок линий электропередачи и выбранных энергоблоков для выделения, сравнивают выделяемую нагрузку на выбранных энергоблоках с допустимыми минимальными и максимальными значениями и с контролем по



Фиг. 1

ВУ 14788 С1 2011.10.30

частоте и напряжению, отделяют от энергосистемы выделенные энергоблоки, питающие собственные нужды электростанции и выделенную нагрузку линий электропередачи, **отличающийся** тем, что на резервные трансформаторы переводят максимально возможную мощность нагрузки собственных нужд с учетом максимально допустимой мощности нагрузки резервных трансформаторов и выбранных энергоблоков, а выделение энергоблоков и нагрузки линий электропередачи осуществляют путем минимизации небаланса активной мощности  $\Delta P$ , возникающего при выделении энергоблоков, по выражению:

$$\Delta P = \left( \sum_{i=1}^n P_{ri} - P_{сн} - \sum_{l=1}^m P_{nl} - \sum_{j=1}^k \sum_{c=1}^x P_{njc} \right) \rightarrow \min,$$

при выполнении ограничения:

$$\sum_{i=1}^n P_{ri} \geq \left( P_{сн} + \sum_{l=1}^m P_{nl} - \sum_{j=1}^k \sum_{c=1}^x P_{njc} \right) \geq \sum_{i=1}^n P_{ri}^{\min},$$

где  $P_{ri}$  - активная мощность  $i$ -го выбранного энергоблока для выделения, где  $i = 1, \dots, n$ ;

$P_{сн}$  - максимальная активная нагрузка собственных нужд, переведенная на резервные трансформаторы;

$P_{nl}$  - активная мощность  $l$ -ой линии электропередачи, не связанной с энергосистемой, где  $l = 1, \dots, m$ ;

$P_{njc}$  - активная мощность  $j$ -ой нагрузки на  $c$ -ой линии электропередачи, связанной с энергосистемой, где  $j = 1, \dots, k$ ;  $c = 1, \dots, x$ ;

$P_{ri}^{\min}$  - минимальная допустимая активная нагрузка  $i$ -го выбранного энергоблока для выделения.

Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано в электроэнергетических системах для повышения их живучести при авариях, связанных с понижением частоты и напряжения.

Известен способ, основанный на том, что при снижении частоты и напряжения в энергосистеме осуществляется автоматическое отделение собственных нужд и части нагрузки электростанции с выбранными энергоблоками, а оставшиеся энергоблоки продолжают работать на пониженной частоте и напряжении [1].

Недостатком этого способа является отсутствие контроля мощности собственных нужд и линии электропередачи, подключенных к отделившимся энергоблокам в условиях изменения режима, что может привести к перегрузке и отключению энергоблоков.

Наиболее близким к предлагаемому способу повышения живучести энергосистемы при авариях, связанных с понижением частоты и напряжения, посредством выделения энергоблоков электростанций является способ, основанный на том, что при понижении частоты и напряжения в энергосистеме переводят нагрузку собственных нужд на питание от резервных трансформаторов, осуществляют непрерывное слежение и набор нагрузки собственных нужд и линий электропередачи, отходящих от выбранных для отделения от энергосистемы блоках, и при мощности выделенной нагрузки в пределах допустимых минимальных и максимальных значений, подают сигнал на отделение выбранных энергоблоков [2].

Однако данный способ не обеспечивает максимально возможный перевод собственных нужд на резервный трансформатор, тем самым снижая живучесть электростанции, так как работа собственных нужд в условиях аварийного снижения частоты и напряжения увеличивает вероятность нарушения их устойчивости и погашения энергоблоков. Кроме того, данный способ не обеспечивает минимально возможного увеличения небаланса активной мощности в энергосистеме в результате выделения части энергоблоков электро-

станций. Чем с большим небалансом выделяются энергоблоки, тем больше вероятность развития аварии в энергосистеме и необеспечения ее живучести.

Задачей изобретения является повышение живучести электростанции и энергосистемы в аварийных условиях снижения частоты и напряжения.

Сущность способа повышения живучести энергосистемы при авариях, связанных с понижением частоты и напряжения, посредством выделения энергоблоков электростанций заключается в том, что осуществляется перевод собственных нужд части энергоблоков на питание от резервных трансформаторов собственных нужд, измеряют мощность нагрузки собственных нужд энергоблоков на резервных трансформаторах, нагрузок линий электропередачи и выбранных энергоблоков для выделения, сравнивают выделяемую нагрузку на выбранных энергоблоках с допустимыми минимальными и максимальными значениями и с контролем по частоте и напряжению, отделяют от энергосистемы выделенные энергоблоки, питающие собственные нужды электростанции и выделенную нагрузку линий электропередачи, дополнительно на резервные трансформаторы переводят максимально возможную мощность нагрузки собственных нужд с учетом максимально допустимой мощности нагрузки резервных трансформаторов и выбранных энергоблоков, а выделение энергоблоков и нагрузки линий электропередачи осуществляют путем минимизации небаланса активной мощности  $\Delta P$ , возникающего при выделении энергоблоков, по выражению:

$$\Delta P = \left( \sum_{i=1}^n P_{\pi i} - P_{\text{сн}} - \sum_{l=1}^m P_{\text{нл}} - \sum_{j=1}^k \sum_{c=1}^x P_{\text{нжс}} \right) \rightarrow \min,$$

при выполнении ограничения:

$$\sum_{i=1}^n P_{\pi i} \geq \left( P_{\text{сн}} + \sum_{l=1}^m P_{\text{нл}} - \sum_{j=1}^k \sum_{c=1}^x P_{\text{нжс}} \right) \geq \sum_{i=1}^n P_{\pi i}^{\text{мин}},$$

где  $P_{\pi i}$  - активная мощность  $i$ -го выбранного энергоблока для выделения, где  $i = 1, \dots, n$ ;

$P_{\text{сн}}$  - максимальная активная нагрузка собственных нужд, переведенная на резервные трансформаторы;

$P_{\text{нл}}$  - активная мощность  $l$ -ой линии электропередачи, не связанной с энергосистемой, где  $l = 1, \dots, m$ ;

$P_{\text{нжс}}$  - активная мощность  $j$ -ой нагрузки на  $c$ -ой линии электропередачи, связанной с энергосистемой, где  $j = 1, \dots, k$ ;  $c = 1, \dots, x$ ;

$P_{\pi i}^{\text{мин}}$  - минимальная допустимая активная нагрузка  $i$ -го выбранного энергоблока для выделения.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена схема электростанции, связанной с энергосистемой, на фиг. 2 - алгоритм функционирования блока повышения живучести энергосистемы при авариях, связанных с понижением частоты и напряжения, посредством выделения энергоблоков электростанций.

Представленная схема содержит распределительное устройство (РУ) среднего напряжения 1, РУ высокого напряжения 2, связанные между собой трехобмоточными трансформаторами связи 3 и 4 через выключатели 5 и 6, 7 и 8 соответственно, посредством выключателя 9 РУ 2 связано с энергосистемой 10. К РУ 1 через выключатель 11 подключена линия 12 с нагрузкой  $P_{\text{н12}}$ , последовательно через выключатель 13 подключена линия 14 с нагрузкой  $P_{\text{н14}}$ , которая, в свою очередь, связана через выключатель 15 с энергосистемой 16. К РУ 1 также через выключатель 17 подключена линия 18 с нагрузкой  $P_{\text{н18}}$ , через выключатель 19 подключена линия 20 с нагрузкой  $P_{\text{н20}}$ , и через выключатель 21 подключен резервный трансформатор собственных нужд (СН) 22, низшая обмотка которого посредством выключателя 23 связана с шинами резервного питания собственных нужд 24, генераторов 25...28. Шины резервного питания СН через выключатели 29...32 соединены соответственно с рабочими секциями собственных нужд 33...36, которые по-

средством выключателей рабочих вводов 37...40 и рабочих трансформаторов СН 41...44 соединены с генераторами 25...28. Генераторы 27, 28 через блочные трансформаторы 45, 46 и выключатели 47, 48 присоединены к РУ 2. Пусковой орган 49 связан с блоком выделения 50, который имеет оперативные связи с выключателями 5...8, 11, 13, 15, 17, 18, отключение которых обеспечивает отделение выбранных энергоблоков от энергосистем 10 и 16.

Допустим, что электростанция работает параллельно с энергосистемой, питание собственных нужд энергоблоков осуществляется через рабочие трансформаторы собственных нужд, все энергоблоки несут нагрузку. Все выключатели, кроме выключателей вводов резервного питания 29...32, включены.

В зависимости от мощности нагрузки на резервном трансформаторе СН 22 и на линиях электропередачи 12, 13, 18 и 20 может выделяться один из энергоблоков (генератор 25 или 26) либо оба генератора 25 и 26 энергоблоков электростанции на изолированную работу от энергосистемы в аварийных условиях.

При возникновении аварии в энергосистеме со снижением частоты и напряжения, при достижении уставки по частоте, например 48,5 Гц, с заданной выдержкой времени, с контролем синхронизма включаются выключатели 29...32, с контролем по максимально допустимой мощности нагрузки резервного трансформатора СН 22 выключаются выключатели 37...40. После подачи сигнала с пускового органа 49 в блоке выделения 50 осуществляется выбор варианта выделения энергоблоков и нагрузки линий электропередачи, обеспечивающего минимум возникающего при этом небаланса активной мощности.

Если суммарная мощность  $P_n$ , равная сумме нагрузок резервного трансформатора СН 22 и выделяемых линий 12, 14, 18 и 20, больше или равна  $P_r^{\text{мин}}$ , которая равна сумме минимальных мощностей генераторов 25 и 26, то подается сигнал на сравнение суммы текущих значений мощностей  $P_r$  данных генераторов с нагрузкой  $P_n$ . Если  $P_r$  больше или равна  $P_n$ , то происходит сравнение мощностей генераторов 25 и 26. Если мощность генератора 25 меньше мощности генератора 26, она сравнивается с  $P_n$ , и при  $P_{r25}$  больше  $P_n$ , подают сигнал на отключение посредством выключателей 6, 7, 15 данного энергоблока от энергосистем 10 и 16. Если мощность  $P_n$  будет больше мощности  $P_{r25}$ , то ее сравнивают с мощностью  $P_{r26}$  генератора 26, и в случае превышения  $P_{r26}$  над  $P_n$  подают сигнал на выделение данного энергоблока путем отключения выключателей 5, 8 и 15. При  $P_{r26}$  меньше  $P_n$  отделение энергоблока осуществляют отключением выключателей 6, 8, 15.

В случае если  $P_{r26}$  будет больше  $P_{r25}$ , подается сигнал на сравнение  $P_{r26}$  с  $P_n$ . При превышении мощности генератора над нагрузкой поступает управляющий сигнал на выделение генератора 26 отключением выключателей 5, 8, 15, в противном случае происходит сравнение мощности генератора  $P_{r25}$  и мощности  $P_n$ . Если  $P_{r25}$  больше  $P_n$ , то производят выделение данного генератора отключением выключателей 6, 7, 15, в обратном случае питание выделяемой нагрузки осуществляют генераторы 25 и 26 путем отключения выключателей 6, 8, 15.

В случае когда  $P_r$  меньше чем  $P_n$ , сравнивается  $P_r$  с суммой мощностей собственных нужд электростанции  $P_{сн}$  и мощностью  $P_{л2} = P_{н12} + P_{н18} + P_{н20}$ , и если  $P_r$  больше  $P_{л2}$ , производят отделение генераторов 25 и 26 от энергосистем 10 и 16 на выделенную нагрузку путем отключения выключателей 6, 8, 13, в противном случае  $P_r$  сравнивается с суммой мощностей собственных нужд электростанции  $P_{сн}$  и мощностью  $P_{л1} = P_{18} + P_{20}$ . Когда  $P_r$  больше суммы  $P_{сн}$  и  $P_{л1}$ , производят выделение генераторов путем отключения выключателей 6, 8, 11, когда  $P_r$  меньше указанной суммы, осуществляют сравнение нагрузок линий 18 и 20. Если  $P_{н20}$  больше  $P_{н18}$ , сравнивают  $P_r$  с суммой мощностей собственных нужд электростанции  $P_{сн}$  и мощностью  $P_{н20}$ , и при  $P_r$  больше названной суммы подается сигнал на выделение генераторов 25 и 26 путем отключения выключателей 6, 8, 11 и 17, в обратном случае подается сигнал на отключение на выделяемую нагрузку генераторов 25 и 26 путем отключения выключателей 6, 8, 11, 17 и 19. Когда  $P_{н20}$  меньше  $P_{н18}$ , сравнивают  $P_r$  с

суммой мощностей собственных нужд электростанции  $P_{сн}$  и мощностью  $P_{н18}$ , и если  $P_{г}$  больше данной суммы, отделение генераторов выполняется отключением выключателей 6, 8, 11 и 19, в обратном случае подается сигнал на отключение на выделяемую нагрузку генераторов 25 и 26 отключением выключателей 6, 8, 11, 17 и 19.

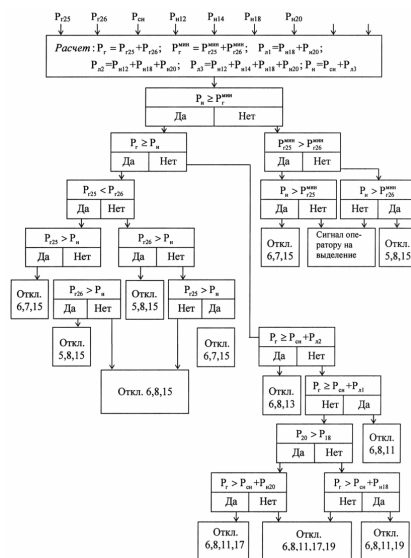
В том случае, если  $P_{н}$  меньше мощности  $P_{г}^{мин} = P_{г25}^{мин} + P_{г26}^{мин}$ , производят сравнение минимальных мощностей генераторов 25 и 26. Когда  $P_{г25}^{мин}$  больше  $P_{г26}^{мин}$ , сравнивают мощность  $P_{н}$  и  $P_{г25}^{мин}$ , и если мощность нагрузки больше мощности генератора, подается сигнал на выделение генератора 25 отключением выключателей 6, 7 и 15, в обратном случае подается сигнал оператору на необходимость неавтоматического выделения энергоблоков электростанции. Когда  $P_{г25}^{мин}$  меньше  $P_{г26}^{мин}$ , сравнивают мощность  $P_{н}$  и  $P_{г26}^{мин}$ , и при мощности нагрузки больше минимальной мощности генератора 26 подается сигнал на выделение генератора 26 путем отключения выключателей 5, 8 и 15, в обратном случае подается сигнал оператору на выделение энергоблоков персоналом электростанции.

Таким образом, предложенный способ позволит повысить живучесть электростанции и энергосистемы, так как при аварийном снижении частоты и напряжения в энергосистеме позволяет дополнительно на резервный трансформатор перевести максимально возможную мощность нагрузки собственных нужд с учетом максимально допустимой мощности нагрузки резервных трансформаторов и выбранных энергоблоков и выбрать вариант выделения энергоблоков и нагрузки линий электропередачи с минимальным небалансом активной мощности.

Устройство, реализующее данный способ, может быть изготовлено на базе типовой микропроцессорной техники.

### Источники информации:

1. Калентиюнок Е.В. И др. Автоматическое выделение агрегатов блочных электростанций в аварийных условиях // Электрические станции. - 1984. - № 4.
2. Патент РФ 20807227, МПК Н 02J 3/24, 1997.



Фиг. 2