



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

### К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4692221/07

(22) 15.05.89

(46) 07.05.91. Бюл. № 17

(71) Белорусский политехнический институт

(72) Е.В.Калентионок и В.А.Файбисович

(53) 621.316.729 (088.8)

(56) Баркан Я.Д. и др. Автоматизация энергосистем. - М.: Высшая школа, 1981, с.138-143, 173-175.

(54) СПОСОБ СИНХРОНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ОТДЕЛИВШЕГОСЯ В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ ЭНЕРГОРАЙОНА

(57) Изобретение относится к электротехнике. Цель изобретения - уменьшение времени синхронизации. Синхронизацию отделившейся части энергосистемы осу-

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к области управления синхронизации энергосистем.

Цель изобретения - уменьшение времени синхронизации.

Синхронизация отделившейся части с энергосистемой по предлагаемому способу производится следующим образом.

В аварийном режиме определяются элементы энергосистемы и отделившегося энергорайона, на которых осуществляется синхронизация. На выбранных элементах вводят в работу устройства автоматической синхронизации. Если такие устройства отсутствуют, то подготавливается оперативный персонал для осуществления синхронизации вручную. Далее измеряют частоту  $f_0$  и величину генерации активной мощности в отделившемся энерго-

2

раеоне, а также разность частот  $\Delta f$  системы и отделившегося энергорайона  $\Delta f = f_c - f_0$ , где  $f_c$  - частота системы. Значения постоянной механической инерции  $T_j$  и регулируемого эффекта нагрузки  $K_n$  для отделившегося энергорайона известны. Допустимое время синхронизации определяется исходя из условий подъема частоты с исходной  $f_0$  до частоты системы  $f_c$  за время, меньшее выдержки времени частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ). Если в процессе синхронизации срабатывает ЧАПВ, то происходит включение нагрузки, отключенной автоматической частотной разгрузкой (АЧР), что опять приводит к возникновению дефицита активной мощности, частота в отделившемся районе снова начинает уменьшаться и процесс

включения на параллельную работу не может быть завершен.

Аппроксимируя экспоненциальный закон изменения частоты линейным, что является вполне доступным в рассматриваемых режимах, для допустимого времени синхронизации получают выражение

$$t_d = \frac{t_{\text{чавв}} (f_c - f_0)}{(f_c - f_{\text{чавв}})} \quad (1)$$

где  $t_{\text{чавв}}$ ,  $t_{\text{чавп}}$  – минимальные уставки на срабатывание по времени и частоте устройств ЧАПВ в отделившемся энергорайоне.

Следующим этапом по реализации предлагаемого способа является определение необходимой величины отключаемой мощности нагрузки  $\Delta P_n$ , в соответствии с которой производят оперативное уменьшение электропотребления. Уменьшение мощности электропотребления на величину  $\Delta P_n$  возможно путем отключения одиночного потребителя с указанной мощностью либо уменьшения на заданную величину мощности потребителя-регулятора.

При отсутствии такой возможности из числа выделенных для указанной цепи потребителя, допускающих кратковременное погашение, формируется множество потребителей, суммарная мощность которых наиболее близка к требуемому значению, гарантировано превышая его. В этом случае суммарная величина отключенных нагрузок определяется из условий:

$$\Delta P_{\text{но}} = \sum_{i=1}^n K_i \Delta P_{ni} \rightarrow \text{мин}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n K_i \Delta P_{ni} \geq \Delta P_n, \quad (3)$$

где  $\Delta P_{ni}$  – величина отключаемой нагрузки  $i$ -го потребителя,  $i=1,2,\dots,n$ ;

$K_i$  – множители, принимающие значения 0 или 1.

Для решения такой задачи могут быть применены методы целочисленного программирования и реализующие их алгоритмы и программы. Учитывая однако, что реально нагрузок, подлежащих отключению, имеется немного, порядка 3–10, то рационально использовать алгоритм прямого перебора. Результатом решения такой задачи является набор отключаемых нагрузок, т.е. в каких узлах ( $i$ ) необходимо отключить потребители для обеспечения необходимо поднятия частоты и соответственно, успешной синхронизации.

После решения такой задачи дается команда на отключение в определенных узлах потребителей. Отключение данных потре-

бителей приводит к уменьшению мощности нагрузки, мощность генерации в дефицитной части энергосистемы становится больше потребления, вследствие чего скорость вращения роторов генератора увеличивается, а следовательно, и повышается частота в отделившемся энергорайоне. Поскольку отключение нагрузки выполнено в необходимом объеме, то частота в отделившейся части энергосистемы повышается с требуемой скоростью до уровня, определяемого условиями успешной синхронизации. При достижении разности частот  $\Delta f \leq \Delta f_{\text{доп}}$  и фаз векторов напряжения  $\Delta \theta \leq \Delta \theta_{\text{доп}}$ , где  $\Delta f_{\text{доп}}$ ,  $\Delta \theta_{\text{доп}}$  – допустимые разности частот и углов по условиям синхронизации, на выбранных элементах энергосистемы производится синхронизация путем включения коммутационных аппаратов. Синхронизация в данных условиях может быть выполнена как вручную, так и с помощью автоматических устройств синхронизации.

Таким образом, осуществление предлагаемого способа при возникновении аварийной ситуации с отделением части энергосистемы позволяет путем целенаправленного отключения строго дозированного объема нагрузки добиться необходимого повышения частоты и быстро осуществить синхронизацию. Быстрое восстановление параллельной работы отделившегося района с энергосистемой позволяет включить в работу потребителей, отключенных устройствами АЧР или оперативным персоналом в условиях образовавшегося дефицита мощности в отделившемся энергорайоне, и тем самым повысить надежность электроснабжения за счет сокращения времени отключения потребителей в аварийных условиях.

На фиг.1 представлена блок-схема устройства для реализации предлагаемого способа синхронизации отделившегося энергорайона; на фиг.2 – блок-схема алгоритма функционирования исполнительного органа отключения нагрузки.

Устройство состоит из блоков 1–4 умножения, блоков 5 и 6 деления, блока 7 возведения в степень, сумматоров 8–10, исполнительного органа 11 отключения нагрузок. Последовательно соединенные блок 1 умножения, блок 5 деления, блок 7 возведения в степень, блок 2 умножения, сумматор 8, блок 6 деления и блок 4 умножения подключены к входу исполнительного органа 11. К входам блока 3 умножения подключены сумматоры 9 и 10. Входы сумматора 9 соединены с выходами датчиков 12 и 13 частоты. Выход датчика 12 частоты подключен также к вторым выходам блока 2 умно-

жения и сумматора 8. Вход датчика 13 подключен к шинам 14 энергосистемы, а вход датчика 12 присоединен к шинам 15 отделившейся части энергосистемы. Шины 14 и 15 соединены выключателем 16. Входы сумматора 10 соединены с датчиками 17 и 18 активной мощности генераторов 19 и 20 в отделившейся части энергосистемы. К входам исполнительного органа 11 подключены также датчики 21–23 активной мощности нагрузок 24–26, а выходы соединены с цепями управления коммутационных аппаратов 27–29 соответствующих нагрузок 24–26.

Устройство работает следующим образом.

При отделении части энергосистемы на вход блока 1 умножения подаются сигналы, пропорциональные регулируемому эффекту нагрузки по частоте  $K_n$  и допустимому времени синхронизации  $t_d$ . Произведение данных сигналов в блоке 5 делится на сигнал, пропорциональный постоянной механической инерции  $T_j$ , а полученная величина подается на вход блока 7, где выполняется возведение величины в степень, пропорциональную значению сигнала с блока 5. В блоке 2 полученный сигнал умножается на величину частоты  $f_0$  отделившейся части энергосистемы, а в сумматоре 8 происходит вычитание сигнала с выхода блока 2 от значения частоты  $f_0$ . На вход сумматора 9 поступают сигналы от датчиков частоты  $f_c$  системы и частоты  $f_0$  отделившейся части. Поэтому на выходе сумматора 9 имеется сигнал, равный разности частот отделившегося энергорайона и энергосистемы.

В сумматоре 10 производится суммирование отдельных мощностей генераторов 19 и 20. Сигнал с выхода сумматора 10, пропорциональный активной мощности  $P_{Г0}$  генераторов всего отделившегося энергорайона, в блоке 3 умножается на разность частот и полученная величина делится в блоке 6 на выходной сигнал блока 8, а затем в блоке 4 умножается на сигнал, пропорциональный регулируемому эффекту нагрузки по частоте  $K_n$ .

Таким образом, на выходе блока 4 умножения имеется сигнал, пропорциональный требуемому объему отключения нагрузки  $\Delta P_n$  ( $\Delta P_n = \frac{\Delta f \cdot P_{Г0} \cdot K_n}{f_0 (1 - e^{-\frac{t_d K_n}{T_j}})}$ ) для

осуществления успешной синхронизации, который подается на один из входов исполнительного органа 11 отключения нагрузки. На основании данного сигнала, а также сигналов о значении мощностей нагрузок 24–26, поступающих от датчиков 21–23, ис-

полнительный орган 11 определяет минимально необходимый набор нагрузок для отключения при выполнении условия (3) и дает сигнал на отключение соответствующих коммутационных аппаратов. В зависимости от аварийного режима значение мощностей нагрузок 24–26 может быть отключена, например, только одна нагрузка 24 или одновременно нагрузки 25 и 24 или нагрузки 25 и 26 и т.д. В общем случае исполнительный орган 11 представляет собой вычислительное устройство, решающее задачу по нахождению такого набора отключаемых нагрузок  $\Delta P_{24}$ ,  $\Delta P_{25}$  и так далее, который обеспечивал бы минимум функционала (2) при выполнении условия (3).

Такая задача для реального числа нагрузок, подлежащих отключению, может быть решена способом полного перебора различных вариантов. Реализация указанного полного перебора, а следовательно, и органа 11 может быть осуществлена с использованием коммутаторов с регистрами памяти, но лучше всего с использованием микроконтроллера, на входе которого получаются мощности нагрузок, предназначенных для отключения. На фиг.2 показан алгоритм решения такой задачи органом 11, выполненным на базе микроконтроллера.

Результатом работы исполнительного органа 11, реализующего данный алгоритм, является появление на его выходе управляющих сигналов на отключение соответствующих нагрузок, например 24 и 26. Отключение части нагрузок в отделившемся энергорайоне приводит к повышению частоты в данном энергорайоне, что позволяет осуществить ручную или с помощью устройства автоматики синхронизацию. Воссоединение отделившегося энергорайона с энергосистемой приводит к ликвидации здесь возникшего дефицита мощности и дает возможность включения потребителей, отключенных устройствами АЧР, или оперативным персоналом при возникновении аварийного режима в энергосистеме с разделением на отдельные изолированно работающие части. Поэтому быстрая синхронизация отделившегося энергорайона с системой приводит к уменьшению времени отключения потребителей, тем самым способствует повышению надежности их электроснабжения в аварийных условиях.

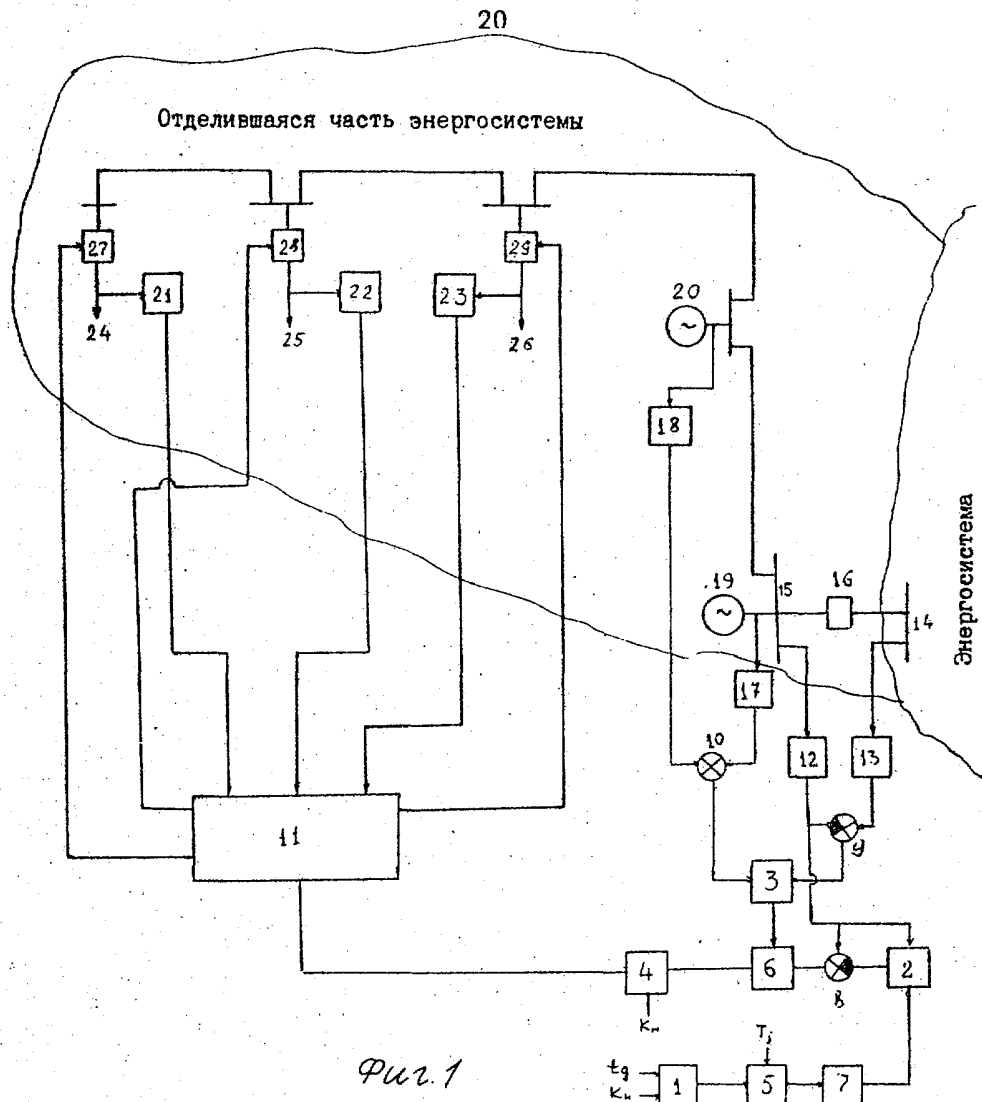
Устройство, реализующее предлагаемый способ, может быть выполнено на базе серийно выпускаемых управляющих микроЭВМ, микроконтроллеров или компараторов, блоков и датчиков.

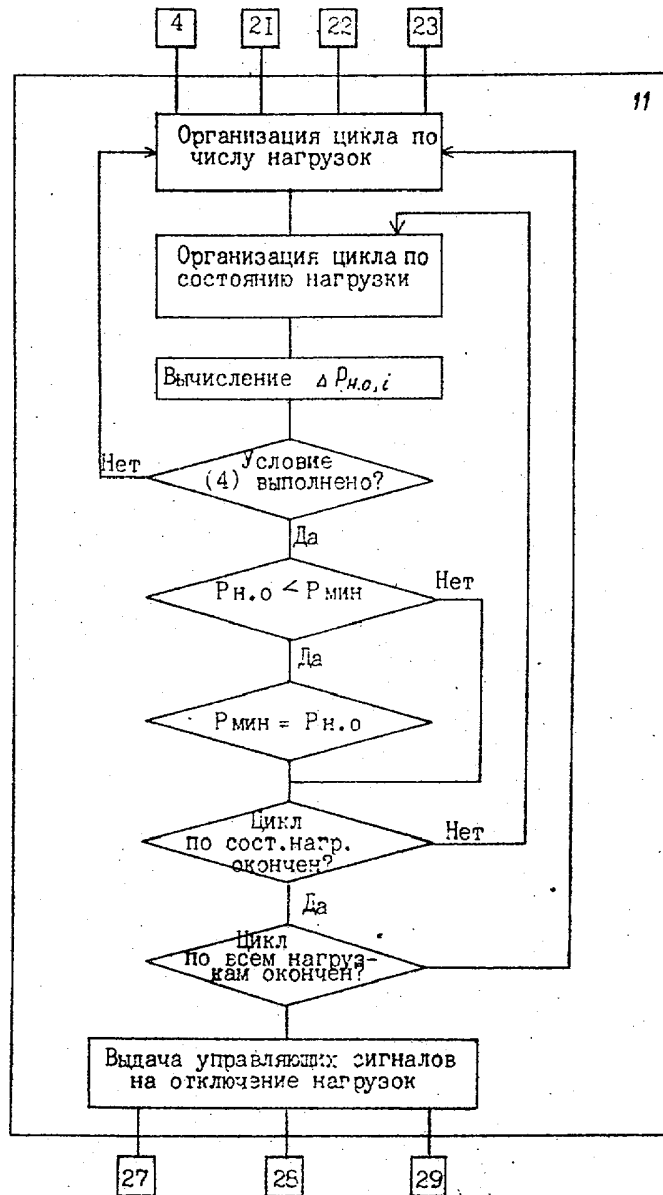
### Формула изобретения

Способ синхронизации энергосистемы и отделившегося в аварийном режиме энергорайона, согласно которому измеряют разность частот  $\Delta f$  энергосистемы и отделившегося энергорайона и разность фаз  $\Theta$  векторов напряжений на соединяемых элементах энергосистемы и отделившегося энергорайона, отключают часть нагрузки в отделившемся энергорайоне и включают энергосистему и отделившийся район на параллельную работу, если разность частот  $\Delta f$  и разность фаз  $\Theta$  меньше допустимых значений, от л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью уменьшения времени син-

хронизации, измеряют частоту  $f_0$  и величину генерируемой активной мощности  $P_{Г0}$  в отделившемся энергорайоне и по измеренным параметрам и известным значениям регулирующего эффекта нагрузки по частоте  $K_H$ , постоянной механической инерции  $T_J$  и допустимого времени синхронизации  $t_d$  отделившегося энергорайона определяют величину мощности отключаемой нагрузки по выражению

$$\Delta P_H = \frac{\Delta f P_{Г0} K_H}{f_0 \left( 1 - e^{-\frac{t_d K_H}{T_J}} \right)}$$





Фиг. 2

Редактор М. Бланар

Составитель К. Фотина  
Техред М.Моргентал

Корректор И. Муска

Заказ 1409

Тираж 338

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101