



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

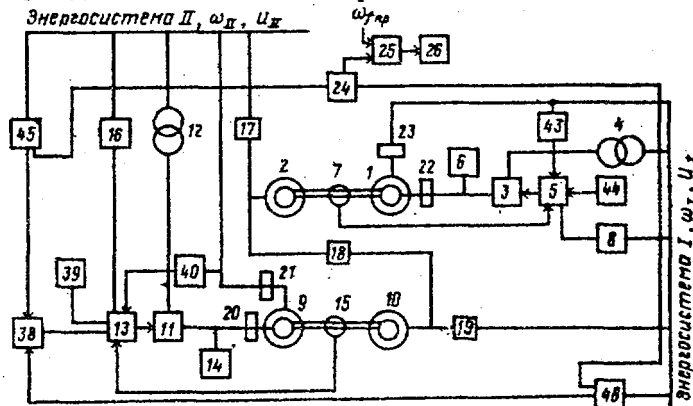
## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4153399/24-07
- (22) 28.11.86
- (46) 30.09.88. Бюл. № 36
- (71) Белорусский политехнический институт
- (72) Е.В. Калентионюк и Г.Е. Поспелов
- (53) 621.316.728(088.8)
- (56) Авторское свидетельство СССР № 445962, кл. Н 02 J 3/06, 1974.  
Авторское свидетельство СССР № 817854, кл. Н 02 J 3/06, 1981.

### (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВЯЗИ ДВУХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

(57) Изобретение относится к электротехнике. Цель изобретения - повышение надежности электроснабжения потребителей при длительной повышенной разности частот объединяемых энергосистем. Устройство содержит два электро-механических преобразователя частоты, каждый из которых включает в себя асинхронизированную синхронную машину 1 (9) и синхронную машину 2 (10). При разности между частотами объединяемых энергосистем ниже предельной величины указанные преобразователи включены параллельно. При достижении

разностью частот предельной величины срабатывает исполнительный элемент блока 14 уровня напряжения возбуждения машины 9. При дальнейшем увеличении скольжения между частотами объединяемых энергосистем резерв по амплитудному значению напряжения возбуждения асинхронизированных машин будет исчерпан. Сигнал с выхода блока скольжения 24 будет превышать сигнал, пропорциональный предельному значению скольжения  $\omega_{\text{пр}}$ . Срабатывают пороговый элемент 25 и релейный элемент 26. Асинхронизированная синхронная машина переводится в режим глубокого недо возбуждения, что приводит к перегрузке машины по токам статора и ротора. При превышении времени перегрузки отключаются выключатели 17 и 19 и включается выключатель 18. Электро-механические преобразователи частоты переключаются с параллельного соединения на последовательное. При последовательном соединении можно допустить длительную работу устройства с увеличенным в сравнении с расчетным значением скольжения между частотами энергосистем. 5 ил.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1427478** **A1**

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к устройствам для объединения энергосистем переменного тока.

Цель изобретения - повышение надежности электроснабжения потребителей при длительной повышенной разности между частотами объединяемых энергосистем.

На фиг. 1 представлена схема предлагаемого устройства; на фиг. 2, 3 - фрагменты структурной схемы управления выключателями устройства по режимным параметрам одного электро-механического преобразователя; на фиг. 4, 5 - фрагменты структурных схем регуляторов асинхронизированных синхронных машин.

Устройство состоит из первого электро-механического преобразователя частоты, выполненного в виде асинхронной синхронной машины (АСМ) 1, синхронной машины (СМ) 2, преобразователя 3 частоты (ПЧ), системы возбуждения АСМ 1, трансформатора 4 питания ПЧ 3, регулятора 5 АСМ 1, блока 6 уровня напряжения возбуждения АСМ 1, датчика 7 углового положения и скорости вращения ротора машин первого электро-механического преобразователя и датчика 8 вектора напряжения энергосистемы I, второго электро-механического преобразователя частоты, содержащего АСМ 9, СМ 10, ПЧ 11, трансформатор 12 питания ПЧ 11, регулятор 13 АСМ 9, блок 14 уровня напряжения возбуждения АСМ 9, датчик 15 углового положения и скорости вращения ротора машин второго электро-механического преобразователя и датчик 16 вектора напряжения энергосистемы II, выключателей 17-19, датчика 20 тока ротора и датчика 21 тока статора АСМ 9, датчика 22 тока ротора и датчика 23 тока статора АСМ 1, блока 24 скольжения, порогового элемента 25, релейных элементов 26 и 27, реле 28 и 29 времени, логической схемы ИЛИ 30, замыкающих контактов 31 исполнительного элемента блока 14, замыкающих контактов 32 релейного элемента 26, замыкающих контактов 33-36 и размыкающих контактов 37 релейного элемента 27, сумматора 38, датчика 39 и датчика 40 активной мощности АСМ 9, канала 41 управления активной мощностью АСМ 1 и 9, канала 42 управления скоростью вращения вала АСМ 9, датчика 43 и за-

датчика 44 активной мощности АСМ 1, датчиков 45 и 46 частоты энергосистем I и II.

Статорные обмотки АСМ 1 присоединены к энергосистеме I, а обмотки статора АСМ 9 - к энергосистеме II. Обмотки статора СМ 2 через нормально включенный выключатель 17 подключены к энергосистеме II, а статорные обмотки СМ 10 через выключатель 19 присоединены к энергосистеме I. К обмоткам ротора АСМ 1 подводится напряжение возбуждения требуемой частоты и амплитуды от ПЧ 3, управление которым осуществляется от регулятора 5. Выход датчика 7 углового положения и скорости вращения общего вала машин АСМ 1 и СМ 2 и выход датчика 8 напряжения, выходы датчика 43 и датчика 44 активной мощности соединены с входами регулятора 5. Вход блока 6 уровня напряжения возбуждения подключен к обмоткам возбуждения АСМ 1. К обмоткам ротора АСМ 9 подводится напряжение возбуждения от ПЧ 11, питание которого осуществляется от трансформатора 12, подключенного к энергосистеме II. Управление работой ПЧ 11 осуществляется с помощью регулятора 13. Вход блока 14 уровня напряжения возбуждения подключен к обмотке возбуждения АСМ 9. Выходы датчиков 15, 16 и 40, задатчика 39 активной мощности и арифметического блока 38 подключены к входам регулятора 13.

Системы регулирования СМ 2 и СМ 10 не показаны. Статорные обмотки СМ 2 и АСМ 10 соединены через замыкающий выключатель 18. Входы блока 24 скольжения подключены к измерительным напряжениям связываемых энергосистем I и II. Последовательно соединенные релейный элемент 26 и пороговый элемент 25 подключены к выходу блока 24. На второй вход порогового элемента 25 подается сигнал, пропорциональный допустимой разности частот связываемых энергосистем I и II ( $\omega_{\text{эпр}}$ ) по условию работы преобразователей.

Выходы датчиков 20 и 21 тока (фиг. 2 и 3) подключены к входам реле 28 и 29 с зависимой от тока выдержкой времени. Через замыкающие контакты реле 28 и 29, включенные по схеме ИЛИ, и последовательно соединенные замыкающие контакты 31 и 32 подается сигнал на релейный элемент 27. Контакты 28 и 29 и 30 релейного

элемента 27 подают сигналы на блоки управления выключателями 17-19.

К входу канала 41 управления активной мощностью АСМ 9 регулятора 13 (фиг. 4) подключены выходы датчика 40 и задатчика 39 активной мощности через размыкающие контакты 37 релейного элемента 27. Сумматор 38 и датчик 15 через замыкающие контакты 36 релейного элемента 27 подключены к входу канала 42 управления скоростью вращения вала машин второго преобразователя. К входам датчика 40 подаются сигналы от датчиков тока и напряжения статора АСМ 9.

К входу канала 41 управления активной мощностью АСМ 1 регулятора 5 (фиг. 5) подключены выходы датчика 43 и задатчика 44 активной мощности. К входам датчика 40 подаются сигналы от датчиков тока и напряжения статора АСМ 1.

Устройство работает следующим образом.

Пока разность между частотами объединяемых энергосистем не достигла предельной величины (например, 1,5 Гц) и напряжения возбуждения ротора АСМ 1 и АСМ 9 не достигли своих потолочных значений устройство работает в номинальном режиме, когда связь между энергосистемами I и II осуществляется через два электромеханических преобразователя, работающих параллельно. Угловая скорость вращения вала  $\omega_k$  преобразователя определяется угловой скоростью вектора напряжения статора  $\omega$  синхронных машин (например, для второго преобразователя  $\omega_{k2} = \omega_I$ , для первого  $\omega_{k1} = \omega_{II}$ ). Величины  $\omega_I$  и  $\omega_{II}$  являются угловыми скоростями векторов напряжения энергосистем I и II. Угловая скорость вектора напряжения в роторе  $\omega_f$  формируется преобразователем частоты, управляемым регулятором АСМ, в виде разности частот электрической системы и частоты вращения ротора:

$$\begin{aligned} \text{для АСМ 1} \quad \omega_f &= \omega_I - \omega_{R1}, \\ \text{для АСМ 2} \quad \omega_f &= \omega_{II} - \omega_{R2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Для формирования управляющих сигналов по частоте выходного напряжения преобразователей в регулятор 5 поступают сигналы с датчиков 7 и 8, а в регулятор 13 - с датчиков 15 и 16. Таким образом обеспечивается установившийся режим по частоте электромеханических преобразователей. Управ-

ля преобразователями, можно обеспечить регулирование напряжения или реактивной мощности, разности частот связываемых энергосистем или перетока мощности между ними. Подавая, например, на вход канала 41 регулятора 13 (фиг. 4) сигналы от датчика 39 о действительной величине активной мощности АСМ 9 и сигнал от задатчика 40 на требуемую величину активной мощности через замкнутый контакт 37 в нормальном режиме, регулятор 13 по каналу 41, обеспечивает поддержание заданного перетока мощности через второй преобразователь. Если на вход канала 41 регулятора 5 подавать совместный сигнал от датчика 43 и задатчика 44 (фиг. 5), то это позволит регуляторам 5 и 13 управлять перетоком мощности между связываемыми энергосистемами I и II в соответствии с выбранными заданиями задатчиков 39 и 44 активной мощности. Таким образом, в нормальном режиме при параллельной работе обоих электромеханических преобразователей частоты управления АСМ 1 и АСМ 9 осуществляется по величине активной мощности машин, что обеспечивает поддержание заданного перетока мощности через преобразователи, а следовательно, и между объединяемыми энергосистемами. Дополнительно АСМ, как и СМ, могут осуществлять, например, управление по уровню напряжения на выводах машин.

Для обеспечения устойчивой и надежной работы преобразователей в установившемся режиме необходимо выполнение условия

$$(\omega_I - \omega_{II}) \leq \omega_{fпр}, \quad (2)$$

где  $\omega_{fпр}$  - предельное значение "скольжения" ротора АСМ, определяемое конструкцией и режимными параметрами машины.

При достижении разности частот объединяемых энергосистем предельно допустимой величины, когда  $\omega_I - \omega_{II} = \omega_{fпр}$ , напряжение возбуждения АСМ (например, АСМ 9) увеличивается до своего потолочного значения, что приводит к срабатыванию исполнительного элемента блока 14 и замыкание контактов 31. При дальнейшем увеличении скольжения между частотами объединяемых энергосистем резерв по амплитудному значению напряжения возбуждения асинхронизированных синхронных машин будет исчерпан. Так как сигнал с вы-

хода блока 24 превышает сигнал, пропорциональный  $\omega_{\text{пр}}$ , поступающий на второй вход порогового элемента 25, то релейный элемент 26 срабатывает и замыкает свои контакты 32 в цепи управления релейным элементом 27. Для обеспечения заданного перетока активной мощности через устройство в энергосистему при невыполнении условия (2) АСМ переводится в режим глубокого недо возбуждения со значительным потреблением реактивной мощности. При этом происходит перегрузка обмоток статора и ротора по току. На входы реле 28 и 29 времени поступают сигналы, пропорциональные величинам перегрузки статора и ротора АСМ 9, что приводит к их запуску в соответствии с характеристиками срабатывания. При повышении допустимого времени перегрузки статора или ротора АСМ по току реле 28 и 29 срабатывают и своими контактами через замкнутые контакты 31 и 32 подают управляющий сигнал на срабатывание релейного элемента 27. При этом через замкнутые контакты 33-35 будут поданы управляющие сигналы на отключение выключателей 17 и 19 и включение с соблюдением условий синхронизации выключателя 18. Этим переключением схемы устройства происходит изменение режима работы электро-механических преобразователей частоты с параллельного на последовательное, когда можно допустить длительную работу устройства в режиме гибкой связи с удвоением против расчетного значения скольжения между частотами энергосистем. С изменением схемы соединения преобразователей управляющие контакты релейного элемента 27 могут производить необходимые изменения в законах управления регуляторов 5 и 13. Например, размыкая контакты 37, отключить канал управления активной мощностью АСМ 9 и через замыкающие контакты 36 на вход канала 42 управления скоростью вращения вала подать сигналы от датчика 15 и сумматора 38, на входе которого имеется сигнал, равный  $0,5 (\omega_j + \omega_r)$ , тем самым АСМ 9 переводится из режима управления перетоком мощности в режим управления скоростью вращения вала ротора второго преобразователя. Закон управления АСМ 1 первого преобразователя может остаться при этом без изменений с необходимой в таких случаях

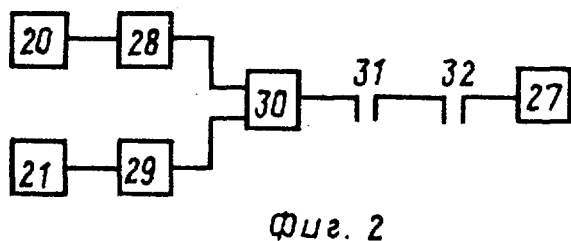
коррекцией сигналов, поступающих с задатчика перетока активной мощности. Это позволяет передавать в дефицитную энергосистему с длительным понижением частоты (например, до 47-48 Гц) мощность, равную номинальной электромеханического преобразователя частоты, вместо потери связи с энергообъединением по истечении времени допустимой перегрузки по току АСМ.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

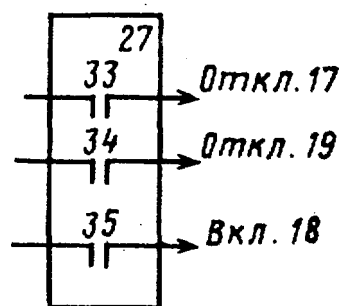
Устройство для связи двух энергосистем, содержащее электромеханический преобразователь частоты, выполненный в виде двух машин переменного тока с жестко соединенными валами, статорные обмотки которых подключены к связываемым энергосистемам, причем по крайней мере одна из машин является асинхронизированной синхронной, управляемого преобразователя частоты для питания обмоток возбуждения, регулятора с каналами управления активной мощностью и скоростью вращения вала, блока уровня напряжения возбуждения, подключенного к входу обмоток возбуждения асинхронизированной машины, исполнительного элемента блока уровня напряжения возбуждения с замыкающими контактами, датчика углового положения и скорости вращения ротора, причем последовательно соединенные регулятор и управляемый преобразователь частоты подключены к входу обмоток возбуждения асинхронизированной синхронной машины датчиков частоты на шинах связываемых энергосистем и блока скольжения, отличающемся тем, что, с целью повышения надежности электроснабжения потребителей при длительной повышенной разности между частотами объединяемых энергосистем, оно снабжено вторым электромеханическим преобразователем частоты, тремя выключателями с блоками управления, датчиками тока статора и ротора асинхронизированных синхронных машин, пороговым элементом, двумя датчиками и задатчиками перетока активной мощности через электромеханические преобразователи, сумматором, двумя релейными элементами и реле времени, причем один выключатель присоединен к статорным обмоткам машин преобразователей, которые подключены к различным энергосистемам через выключатели,

а датчики тока через реле времени присоединены к входу дополнительно введенной логической схемы ИЛИ, выход которой через последовательно соединенные замыкающие контакты исполнительного элемента блока уровня напряжения возбуждения и первого релейного элемента подключен к входу второго релейного элемента, три замыкающих 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000

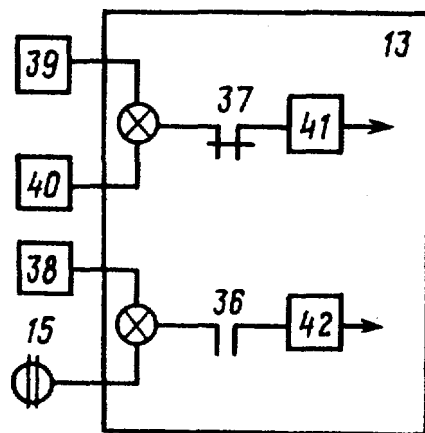
канала управления активной мощностью одного из регуляторов подключены датчик и задатчик перетока активной мощности через соответствующий электро-механический преобразователь частоты, вторые задатчик и датчик перетока активной мощности через размыкающий контакт второго релейного элемента подключены к входу канала управления активной мощностью другого регулятора, к входу канала управления скоростью вращения вала которого через четвертый замыкающий контакт второго релейного элемента подключены датчик углового положения и скорости вращения ротора и сумматор.



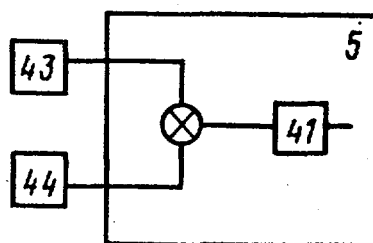
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Редактор А. Лежнина      Составитель М. Поляков  
Техред Л. Олейник

Корректор Г. Решетник

Заказ 4860/51

Тираж 651

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4