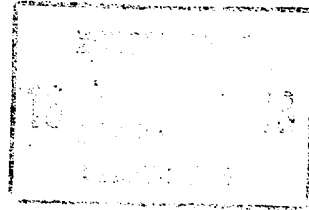




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3462293/24-07

(22) 01.07.82

(46) 30.01.84. Бюл. № 4

(72) М.А.Рабинович и С.И.Хмельник

(71) Ордена Октябрьской Революции  
всесоюзный государственный проектно-  
изыскательский и научно-исследова-  
тельский институт энергетических си-  
стем и электрических сетей "Энерго-  
сетьпроект"

(53) 621.316.328(088.8)

(56) 1. Дроздов А.Д. и др. Автомати-  
зация энергетических систем. М.,  
"Энергия", 1977, с.142-164.

2. Авторское свидетельство СССР  
№ 509938, кл. Н 02 J 3/06, 1972.

3. Авторское свидетельство СССР  
№ 545038, кл. Н 02 J 3/06, 1974.

4. Авторское свидетельство СССР  
№ 768996, кл. Н 02 J 3/06, 1978.

5. Авторское свидетельство СССР  
№ 879702, кл. Н 02 J 3/06, 1980.

(54)(57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И ПЕРЕТОКОВ МОЩНОСТИ ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИЯ, содержащее блок измерения, включающий измерители перетоков мощности, частоты и мощности управляющего воздействия, причем выходы измерителей перетоков мощности и частоты соединены с последовательно соединенными блоками выделения случайной составляющей и определения коэффициентов статизма, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности и экономичности режима регулирования, оно снабжено блоком оценки коэффициентов влияния, блоками умножителей, блоками сумматоров, блоком вычитающих устройств, блоком квадраторов, сумматорами, блоками сравнения, элементом И, ключами, блоком задания управления, блоками регистров, умножителем, тактовым генератором, счетчиком импульсов, задатчиком пределов и блоком задания уставок, причем к выходу блока выделения

случайной составляющей подключены последовательно соединенные блок оценки коэффициентов влияния, первый блок умножителей, первый блок сумматоров, блок вычитающих устройств, блок квадраторов, второй блок умножителей, первый сумматор, первый блок сравнения, элемент И, выход которого соединен с управляющими входами первого ключа и блока задания управления, а на управляемый вход первого ключа подключен выход первого сумматора, выход первого ключа через первый блок регистров подключен к второму входу первого блока сравнения, причем блок определения коэффициентов статизма подсоединен к первому входу умножителя, к второму входу которого подключены последовательно соединенные второй сумматор, блок задания управления и тактовый генератор, выход которого через счетчик импульсов соединен с управляющим входом второго ключа, а выход блока задания управления подключен к второму входу первого блока умножителей, второму входу блока квадраторов, управляемому входу третьего ключа, а также входу второго блока сумматоров, соединенного последовательно с вторым блоком сравнения, на второй вход которого подключен задатчик пределов, а на третий вход - выход первого блока сумматоров, причем выход второго блока сравнения включен на второй вход элемента И, выход которого соединен с управляющим входом блока задания управления и управляющим входом третьего ключа, выход которого через второй блок регистров подключен к управляемому входу второго ключа, при этом выход измерителя управляющего воздействия, а также выходы измерителей перетоков мощности и частоты соединены соответственно с вторыми входами второго бло-

(19) **SU** (11) **1070641 A**

ка сумматоров и первого блока сумматоров, а на вторые входы блока вычитающих устройств и второго блока умножителей подключены соответственно блок задания уставок и третий блок регистров памяти.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок задания управления содержит с четвертого по седьмой ключи, генератор случайных чисел, третий блок сумматоров, блок ограничителей, четвертый блок регистров, инверторы и регистр сдвига, причем пятый ключ, генератор случайных чисел, четвертый ключ, третий блок сумматоров и блок ограничителей соединены последовательно, управляющий вход блока задания управления через первый и второй инверторы включен на управляющие вхо-

ды пятого и четвертого ключей, выход генератора случайных чисел через регистр сдвига включен на управляемый вход шестого ключа, управляющий вход которого соединен с управляющим входом блока задания управления, а выход подключен к второму входу третьего блока сумматоров, выход блока ограничителей через седьмой ключ подсоединен к четвертому блоку регистров, выход которого соединен с третьим входом третьего блока сумматоров, а управляющий вход седьмого ключа подключен к управляющему входу блока задания управления, причем выход блока ограничителей является выходом блока задания управления в целом, а управляющий вход пятого ключа является одновременно входом блока задания управления в целом.

1  
Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к регулированию частоты и обменной мощности; и может использоваться в энергосистемах ЭС и энергообъединениях ОЭС.

Под влиянием внешних возмущений нагрузки, изменения величины и состава генерирующего оборудования, а также ряда других факторов частота и перетоки мощности отклоняются от плановых значений (уставок). При этом некоторые из указанных режимных параметров могут нарушить предельно допустимые значения, что приводит к возникновению аварийных ситуаций. В связи с этим возникает задача поддержания перетоков мощности и частоты на плановом уровне при выполнении ограничений на указанные режимные параметры.

Известны устройства для регулирования частоты и перетоков мощности энергообъединения на основе статических характеристик объекта управления и величины отклонения частоты и перетоков мощности от плановых значений. Используемые при этом значения коэффициентов крутизны статической частотной характеристики задаются путем экспертных оценок или на основе результатов системных испытаний [1] - [4].

К недостаткам указанных устройств следует отнести их невысокую надежность (поскольку ограничения могут быть нарушены) и малую экономичность (поскольку управляющие воздействия выбираются неоптимально).

Наиболее близким к предлагаемому является устройство для автоматичес-

2  
кого регулирования частоты и активной мощности энергообъединения, содержащее блок измерения, включающий измерители перетоков мощности частоты и мощности управляющего воздействия, причем выходы измерителей перетоков мощности и частоты соединены с последовательно соединенными блоками выделения случайной составляющей и определения коэффициентов статизма. Распределение управляющего воздействия на регулирующие станции в этом устройстве осуществляется пропорционально небалансам мощности, возникающим в отдельных частях энергообъединения, а коэффициенты статизма оцениваются в процессе регулирования [5].

Однако известное устройство характеризуется недостаточной надежностью, обусловленной отсутствием строгих ограничений на режимные параметры и управляющее воздействие, а также невысокой экономичностью, вызванной отсутствием критерия качества системы регулирования.

Цель устройства - повышение надежности и экономичности режима регулирования частоты и перетоков мощности энергообъединения.

Поставленная цель достигается тем, что устройство для автоматического регулирования частоты и перетоков мощности, содержащее блок измерения, включающий измерители перетоков мощности, частоты и мощности управляющего воздействия, причем выходы измерителей перетоков мощности и частоты соединены с последовательно соединенными блоком выделе-

ния случайной составляющей и блоком определения коэффициентов статизма, снабжено блоком оценки коэффициентов влияния, блоками умножителей, блоками сумматоров, блоком вычитающих устройств, блоком квадраторов, сумматорами, блоками сравнения, элементом И, ключами, блоком задания управления, блоками регистров, умножителем, тактовым генератором, счетчиком импульсов, задатчиком пределов и блоком задания уставок, причем к выходу блока выделения случайной составляющей подключены последовательно соединенные блок оценки коэффициентов влияния, первый блок умножителей, первый блок сумматоров, блок вычитающих устройств, блок квадраторов, второй блок умножителей, первый сумматор, первый блок сравнения, элемент И, выход которого соединен с управляющими входами первого ключа и блока задания управления, а на управляемый вход первого ключа подключен выход первого сумматора, выход первого ключа через первый блок регистров подключен к второму входу первого блока сравнения, причем блок определения коэффициентов статизма подсоединен к первому входу умножителя, к второму входу которого подключены последовательно соединенные второй сумматор, блок задания управления и тактовый генератор, выход которого через счетчик импульсов соединен с управляющим входом второго ключа, а выход блока задания управления подключен также к второму входу первого блока умножителей, второму входу блока квадраторов, управляемому входу третьего ключа, а также входу второго блока сумматоров, соединенного последовательно с вторым блоком сравнения, на второй вход которого подключен задатчик пределов, а на третий вход - выход первого блока сумматоров, причем выход второго блока сравнения включен на второй вход элемента И, выход которого соединен с управляющим входом блока задания управления и управляющим входом третьего ключа, выход которого через второй блок регистров подключен к управляемому входу второго ключа, при этом выход измерителя управляющего воздействия, а также выходы измерителей перетоков мощности и частоты соединены соответственно с вторыми входами второго блока сумматоров и первого блока сумматоров, а на вторые входы блока вычитающих устройств и второго блока умножителей подключены соответственно блок задания уставок и третий блок регистров памяти.

Блок задания управления содержит четвертый, пятый, шестой и седьмой

ключи, генератор случайных чисел, третий блок сумматоров, блок ограничителей, четвертый блок регистров, инверторы и регистр сдвига, причем пятый ключ, генератор случайных чисел, четвертый ключ, третий блок сумматоров и блок ограничителей соединены последовательно, управляющий вход блока задания управления через первый и второй инверторы включен на управляющие входы пятого и четвертого ключей, выход генератора случайных чисел через регистр сдвига включен на управляемый вход шестого ключа, управляющий вход которого соединен с управляющим входом блока задания управления, а выход подключен к второму входу третьего блока сумматоров, выход блока ограничителей через седьмой ключ подсоединен к четвертому блоку регистров, выход которого соединен с третьим входом блока сумматоров, а управляющий вход седьмого ключа подключен к управляемому входу блока задания управления, причем выход блока ограничителей является выходом блока задания управления в целом, а управляющий вход пятого ключа является одновременно входом блока задания управления в целом.

На фиг.1 приведена функциональная схема предлагаемого устройства, на фиг.2-5 - функциональные схемы отдельных блоков устройства.

Устройство содержит (фиг.1) блок 1 измерений, включающий измерители перетоков мощности  $1_2$ , частоты  $1_3$ , и мощности управляющего воздействия  $1_4$ , соединенный с блоком 2 выделения случайной составляющей, выход которого подключен к входу блока 3 определения коэффициентов статизма, который, в свою очередь, соединен с входом умножителя 4. К выходу блока 2 выделения случайной составляющей подключены последовательно соединенные блок 5 определения коэффициентов влияния, первый блок 6 умножителей, первый блок 7 сумматоров, блок 8 вычитающих устройств, блок 9 квадраторов, второй блок 10 умножителей, первый сумматор 11, первый блок 12 сравнения, элемент И 13, выход которого соединен с управляющим входом первого ключа 14, выход которого, в свою очередь, подключен к входу первого блока 15 регистров.

На второй вход умножителя 4 включены последовательно соединенные второй сумматор 16, блок 17 задания управления и тактовый генератор 18. Выход блока 17 задания управления включен на второй вход первого блока 6 умножителей и на вход последовательно соединенных второго блока 20

сравнения, на второй вход которого подключен задатчик 21 пределов.

На второй вход блока 8 вычитающих устройств подсоединен блок 22 задания уставок, а на второй вход второго блока 10 умножителей исключен выход третьего блока 23 регистров памяти.

Выход тактового генератора 18 подключен к счетчику 24 импульсов, а выход элемента И 13 подключен также через третий ключ 25 к второму блоку 26 регистров, который, в свою очередь, соединен с управляемым входом второго ключа 27, на управляющий вход которого включен выход счетчика 24 импульсов.

Выход измерителя  $I_4$  управляющего воздействия, а также выходы измерителей  $I_2$  и  $I_3$  перетоков мощности и частоты соединены с вторыми входами второго 19 и первого 7 блоков сумматоров соответственно.

Выход блока 17 задания управления соединен вторым входом блока 9 квадраторов и с управляемым входом третьего ключа 25. Выход первого сумматора 11 соединен с управляемым входом первого ключа 14, а выход первого блока 15 регистров подключен к второму входу первого блока 12 сравнения.

На третий вход второго блока 20 сравнения подключен выход первого блока 7 сумматоров.

Блок 17 задания управления использует методы случайного поиска экстремума и содержит (фиг.2) последовательно соединенные пятый ключ 28, генератор 29 случайных чисел, четвертый ключ 30, третий блок 31 сумматоров и блок 32 ограничителей. Выход генератора 29 случайных чисел подключен к входу регистра 33 сдвига, выход которого через шестой ключ 34 соединен с вторым входом третьего блока 31 сумматоров. Выход блока 32 ограничителей через седьмой ключ 35 подключен к входу четвертого блока 36 регистров, который, в свою очередь, соединен с третьим входом третьего блока 31 сумматоров.

Управляющий вход блока 17 задания управления через первый 37 и второй 38 инверторы соединен с управляемыми входами пятого 28 и четвертого 30 ключей соответственно, а также непосредственно с управляемыми входами шестого 34 и седьмого 35 ключей.

Выходом блока 17 задания управления служит выход блока 32 ограничителей. Выход тактового генератора 18 включен на вход пятого ключа 28, а управляющим входом всего блока 17 задания управления в целом является выход элемента И 13.

Блок 6 (фиг.3а) содержит  $L \cdot M$  одинаковых умножителей.

Блок 7 (фиг.3б) состоит из  $(L+1)$  многоходовых сумматоров, блок 8 (фиг.3в) - из  $(L+1)$  одинаковых вычитающих устройств, блок 9 (фиг.4а) из  $(M+L+1)$  одинаковых квадраторов.

Второй блок 10 содержит  $(L+M+1)$  отдельных умножителей (фиг.4б).

Блок 19 (фиг.4в) состоит из  $M$  одинаковых сумматоров, блок 20 - из  $M+L+1$  вычитающих устройств 39, такого же количества пороговых блоков 40 и схемы 41 совпадения (фиг.5).

Блок 31 аналогичен первому блоку 7 сумматоров (фиг.3б), но отличается количеством сумматоров ( $M$ ).

Остальные блоки предлагаемого устройства являются стандартными. Это либо обычные умножители, либо сумматоры (в том числе многоходовые), либо блоки регистров памяти, а также ключи.

Устройство позволяет получить оптимальные значения управляющих воздействий на регулирующие станции при соблюдении строгих ограничений на регулируемые режимные параметры и управляющие воздействия.

Предлагаемое устройство является также адаптивным вследствие того, что блоки определения коэффициентов статизма 3 и коэффициентов влияния 5 позволяют устройству перестраиваться при изменении режима работы энергообъединения. Эти коэффициенты оцениваются в темпе процесса регулирования.

Приняты следующие обозначения:

- $f$  - значение частоты энергообъединения;
- $P_{jk}$  - переток активной мощности между  $j$ -м и  $k$ -м узлами,
- $M_k$  - мощность генерации  $k$ -го узла;
- $K_e$  - коэффициент крутизны статической частотной характеристики энергообъединения;
- $V_{ijk}$  - коэффициент влияния  $i$ -го узла на переток между  $j$ -м и  $k$ -м узлом,
- $F, P_{jk}, \bar{M}_k, \bar{m}_k$  - предельные значения частоты, перетоков активной мощности, мощностей генерирующих узлов и управляющих воздействий соответственно;
- $f, P_{jk}$  - значение уставок для частоты и перетоков мощности  $P_{jk}$ ;
- $m_k$  - управляющее воздействие на  $k$ -й узел,
- $\Delta m_{k,i}$  -  $i$ -й расцентный вариант приращения управления в  $k$ -м узле;

- $\Delta m_{k,i}$  - изменение приращения  $\Delta m_{k,i}$  в  $k$ -м узле в  $i$ -м расчетном варианте;  
 $f_i$  -  $i$ -й расчетный вариант частоты  $f$ ;  
 $\rho_{jk,i}$  -  $i$ -й расчетный вариант перетока  $\rho_{jk}$ ;  
 $m_{k,i}$  -  $i$ -й расчетный вариант генерируемой мощности  $k$ -го узла;  
 $\Delta f_i$  -  $i$ -й расчетный вариант приращения частоты  $f_i$ ;  
 $\Delta \rho_{jk,i}$  -  $i$ -й расчетный вариант приращения перетока  $\rho_{jk,i}$ ;  
 $L$  - число перетоков;  
 $M$  - число узлов.

Указанные параметры связаны известными зависимостями

$$\rho_{jk,i} = \rho_{jk} + \Delta \rho_{jk,i}; \quad (1)$$

$$f_i = f + \Delta f_i; \quad (2)$$

$$m_{k,i} = m_k + \Delta m_{k,i}; \quad (3)$$

$$\Delta f_i = K_e \sum \Delta m_{k,i}; \quad (4)$$

$$\Delta \rho_{jk,i} = \sum U_{jk} \Delta m_{k,i} \quad (5)$$

Показатель качества регулирования, который необходимо минимизировать, имеет вид

$$J_i = \beta (f - f_i)^2 + \sum_{jk} \alpha_{jk} (\rho_{jk} - \rho_{jk,i})^2 + \sum_k \gamma_k \Delta m_{k,i}^2 \quad (6)$$

где  $\beta$ ,  $\alpha_{jk}$ ,  $\gamma_k$  - известные весовые коэффициенты.

Первый и второй члены отражают требование минимизации отклонения регулируемых параметров (частоты и перетоков) от плановых значений, а третий - требование минимизации скорости изменения генерирующих мощностей.

Одновременно с минимизацией показателя качества (6) при регулировании должны выдерживаться ограничения вида

$$F' \leq f_i \leq F''; \quad (7)$$

$$\rho_{jk}' \leq \rho_{jk,i} \leq \rho_{jk}''; \quad (8)$$

$$M_k' \leq m_{k,i} \leq M_k''; \quad (9)$$

$$\bar{m}'_k \leq m_{k,i} \leq \bar{m}''_k \quad (10)$$

где один штрих означает нижнее, а два штриха верхнее предельное значение режимного параметра.

Метод регулирования заключается в следующем.

На данном шаге регулирования измеряются частота  $f$  и перетоки  $\rho_{jk}$ , после чего в зависимости от значения этих параметров выбираются приращения управляющего воздействия  $\Delta m_k$ . Эти воздействия подаются на управляющие входы генерирующих узлов энергосистемы, в результате чего мощности управляющих воздействий  $m_k$ , генерирующих узлов и регулируемые параметры  $f$  и  $\rho_{jk}$  изменяются и принимают значения, определяемые по формулам (1) - (5). Эти значения и управляющие воздействия удовлетворяют огра-

ничениям (7) - (10) и минимизируют показатель качества (6), что обеспечивается определенным выбором приращений управляющих воздействий  $\Delta m_k$ . Однако одновременно с реализацией управляющих воздействий в некоторых узлах энергосистемы изменяется нагрузка, что приводит к нарушению ограничений (7) - (10), а также ухудшает показатель качества (6). В связи с этим на следующем шаге регулирования вновь измеряются частота и перетоки мощности и т.д.

Метод выбора приращений управляющих воздействий  $\Delta m_k$ .

5 15 Строго эти величины могут быть найдены при решении задачи квадратичного программирования (1) - (10). Однако существующие методы решения этой задачи совершенно не удовлетворяют реальным требованиям по быстроту действию регулирования. Поэтому устройством реализуется метод случайного поиска приращений управляющих воздействий  $\Delta m_{k,i}$ . При этом  $i$ -е расчетное управляющее воздействие на каждом цикле управления определяется в зависимости от  $(i-1)$ -го расчетного управляющего воздействия по формуле

$$m_{k,i} = m_k + \Delta m_{k,i} \quad (11)$$

$$\Delta m_{k,i} = \Delta m_{k,i-1} + \delta_{k,i}$$

где  $\delta_{k,i}$  - случайное число, вырабатываемое датчиком случайных чисел,

55 30 причем  $\Delta m_{k,0} = 0$ . Найденные таким образом величины  $m_{k,i}$  корректируются затем в соответствии с ограничением (10) и используются для получения величин  $\rho_{jk,i}$ ,  $f_i$ ,  $m_{k,i}$ ,  $I_i$ . После этого проверяется выполнение ограничений (7) - (9). Если они не выполняются, то формула (11) применяется повторно (с теми же значениями  $\Delta m_{k,i}$ , но с другими значениями  $\delta_k$ ). Если же ограничения выполняются, то производится сравнения  $J_i$  с  $J_{i-1}$ . При  $J_i > J_{i-1}$  формула (11) применяется повторно. Если же  $J_i < J_{i-1}$ , то вычисляются управляющие воздействия

$$\Delta m_{k,i+1} = \Delta m_{k,i} + \delta_{k,i}$$

50 где случайное число  $\delta_{k,i}$  принимается равным предыдущему значению.

Процесс уточнения величин  $\Delta m_{k,i}$  по формуле (11) продолжается до тех пор, пока не исчерпается лимит времени, отведенного на расчет управляющих воздействий.

Устройство функционирует следующим образом.

Значения всех ограничений хранятся в задатчике 21 пределов.

65 Величины уставок регулируемых параметров находятся в блоке 22 задания уставок, а весовые коэффициенты - в третьем блоке 23 регистров памяти.

В блоке 1<sub>1</sub> измерений осуществляется измерение регулируемых перетоков мощности (блок 1<sub>2</sub>), частоты (блок 1<sub>3</sub>), а также мощностей регулирующих станций (блок 1<sub>4</sub>). В блоке 2 выделения случайной составляющей от измеренных режимных параметров отделяется случайная (быстрая) компонента. Такое разделение значений режимных параметров на случайную и регулярную компоненты осуществляется линейными цифровыми или аналоговыми фильтрами. Случайная компонента режимных параметров используется в блоке 3 определения коэффициентов статизма и в блоке 5 оценки коэффициентов влияния для текущей оценки этих параметров энергосистем.

Тактовый генератор 18 через интервалы времени  $\Delta t$  осуществляет запуск блока 17 задания управления. В этом блоке на данном цикле управления формируется  $i$ -й возможный вариант приращения управляющего воздействия  $\Delta m_{ki}$  на каждую из  $M$  управляющих станций ( $k=1, \dots, M$ ).

Во втором сумматоре 16 значения  $\Delta m_{ki}$  суммируются для получения полного значения приращения управляющего воздействия по всему энергообъединению на  $i$ -й итерации, т.е. величины  $\Sigma \Delta m_{ki}$ .

В множителе 4 полученная величина умножается на значение коэффициента крутизны статической частотной характеристики всего энергообъединения  $K$ . Таким образом, определяется ожидаемое приращение  $\Delta f_i$  частоты энергообъединения (4).

Значения  $\Delta m_{ki}$  поступают на второй вход первого блока 6 умножителей. На первый вход этого блока с выхода блока 5 поступают оценки коэффициентов влияния  $V_{ijk}$  небаланса  $i$ -го узла на переток между  $i$ -м и  $k$ -м узлами. На выходе блока 6 формируются, таким образом, возможные отклонения всех рассматриваемых перетоков мощности при воздействии на них приращений управляющего воздействия  $\Delta m_{ki}$ . Для получения всех возможных отклонений регулируемых перетоков мощности, первый блок 6 умножителей содержит  $L \cdot M$  отдельных умножителей. Общее приращение перетока активной мощности  $\Delta P_{jk}$  между  $k$ -м и  $j$ -м узлом определяется на  $i$ -й итерации согласно выражению (5) в первом блоке 7 сумматоров. В этом же блоке полученные возможные приращения частоты и перетоков мощности суммируются с измеренными в блоке 1 измерений соответствующими значениями частоты и перетоков мощности. Таким образом, на выходе первого блока сумматоров образуются ожидаемые в результате воздействия управления  $m_{ki}$  значения регу-

лируемых параметров энергосистемы (1) и (2).

В блоке 8 вычитающих устройств эти значения вычитаются из значений уставок  $F$  и  $P_{jk}$ , которые поступают из блока 22 задания уставок на второй вход блока 8. Полученные разности, а также значения приращений управляющего воздействия  $\Delta m_{ki}$  возводятся в квадрат в блоке 9 квадраторов. Значения  $\Delta m_{ki}$  поступают на второй вход блока 9 с выхода блока 17 задания управления. Таким образом, на выходе блока 9 формируются ожидаемые квадраты невязок регулируемых режимных параметров и приращений управляющих воздействий.

Значения ожидаемых квадратов невязок поступают на вход второго блока 10 умножителей, в котором взвешиваются в соответствии с задаваемыми в третьем блоке 23 регистров памяти значениями коэффициентов  $\alpha_{ik}, \rho, \gamma_k$ .

Взвешенные квадраты невязок регулируемых параметров и управлений суммируются в первом сумматоре 11, на выходе которого формируется значение величины (6).

В первом блоке 12 сравнения величина  $I_i$  сравнивается со значением  $I_k$  ( $k < i$ ), которое хранится в первом блоке 15 регистров памяти. В том случае, когда  $I_i < I_k$ , первый блок 12 сравнения выдает единичный сигнал на первый вход элемента И 13. На второй вход элемента И 13 поступает выходной сигнал второго блока 20 сравнения, в котором ожидаемые значения регулируемых параметров и значение управляющего воздействия  $m_{ki}$  сравнивается с предельно допустимыми значениями.

Значение управляющего воздействия  $m_{ki}$  формируется на выходе второго блока 19 сумматоров, а ожидаемые значения регулируемых параметров поступают на второй вход второго блока 20 сравнения с выхода первого блока сумматоров 7.

Таким образом, на выходе элемента И 13 формируется разрешающий сигнал для первого ключа 14 только в том случае, если  $I_i < I_k$  и выполняются ограничения на регулируемые параметры и значения управляющих воздействий. Только в этом случае ключ 14 открывается и в блок 15 регистров записывается значение.

Выходной сигнал элемента И 13 является также разрешающим для третьего ключа 25, на управляемый вход которого с выхода блока 17 задания управления поступает значение возможного приращения управляющего воздействия  $\Delta m_{ki}$ . Это значение приращения управляющего воздействия записывается во второй блок регистра 26 только в том случае, когда выпол-

няются все ограничения на регулируемые параметры и управляющие воздействия, а  $T_k < T_{k+1}$  при  $k < i$ .

Подобным образом предлагаемое устройство работает и на  $(i+1)$ -й итерации данного цикла управления.

Общее число итераций для нахождения оптимального управляющего воздействия задается счетчиком 24 импульсов, который запускается от тактового генератора 18. После переполнения счетчик 24 выдает импульс, который открывает второй ключ 27, и оптимальное приращение управляющего воздействия, которое хранится во втором блоке 26 регистров, поступает на регулирующие станции.

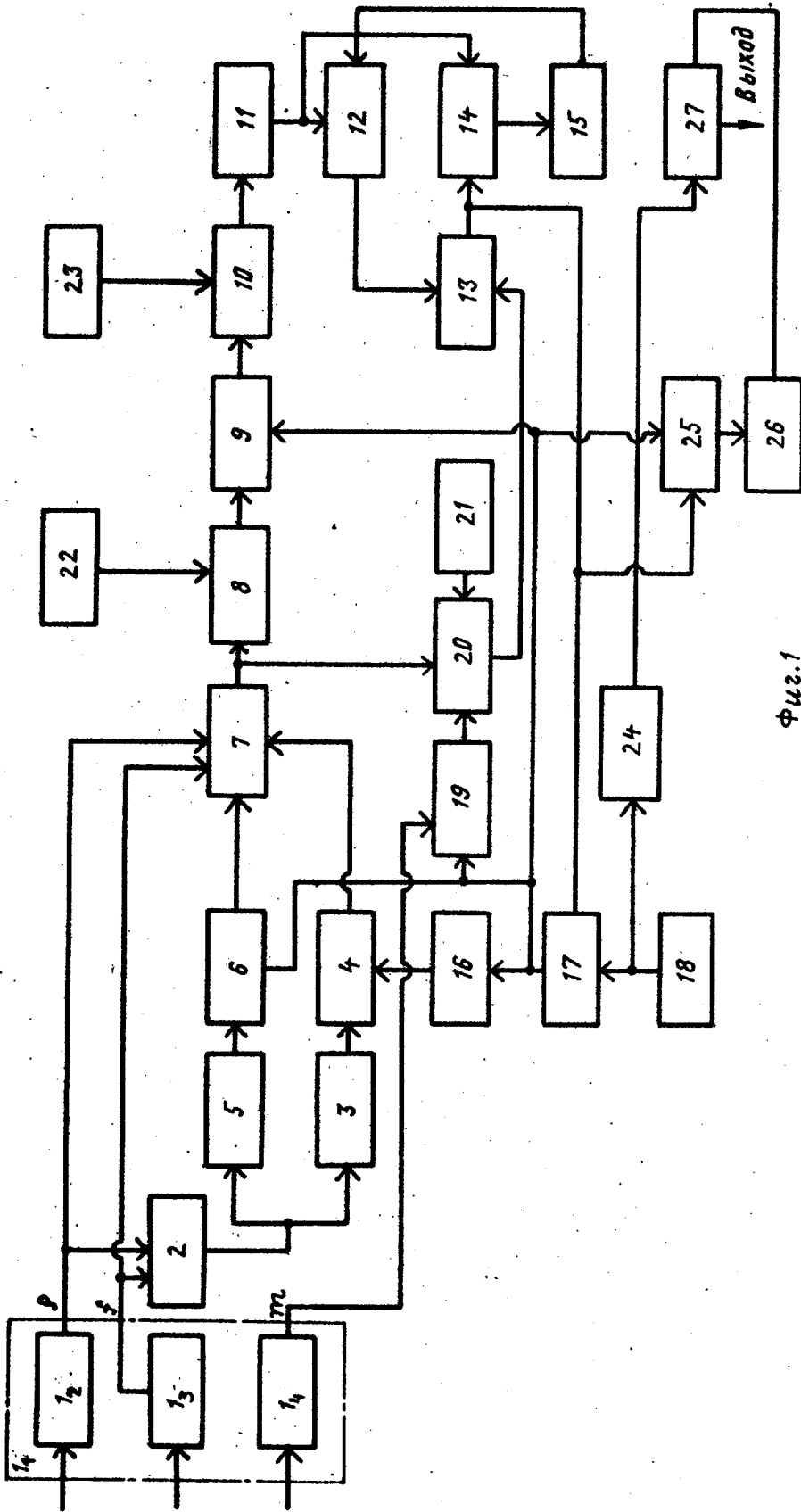
Блок 17 задания управления работает следующим образом (фиг.2).

Сигнал от тактового генератора 18 поступает на вход пятого ключа 28, который через первый инвертор 37 управляется от элемента И 13. В том случае, когда очередная итерация - удачная, пятый ключ 23 закрыт и генератор 29 случайных чисел не запускается. При этом на  $(i+1)$ -й итерации используется множество случайных чисел  $\delta_k$  ( $k=1, 2, \dots, M$ ), которые записаны в регистре 33 сдвига. Шестой ключ 34 открыт и сигнал с выхода регистра 33 сдвига попадает на второй вход третьего блока 31 сумматоров.

Если очередная итерация - неудачная, пятый ключ 28 открыт и сигнал от тактового генератора 18 поступает на вход генератора 29 случайных чисел, который, в свою очередь, формирует множество случайных чисел  $\delta_k$ . Этот вектор через четвертый ключ 30 поступает на первый вход третьего блока 31 сумматоров, поскольку ключ 30 открыт выходным сигналом элемента И 13, прошедшим через второй инвертор 38. Случайные числа записываются также в регистр 33 сдвига, но поскольку шестой ключ 34 закрыт, то они не проходят на второй вход третьего блока 31 сумматоров.

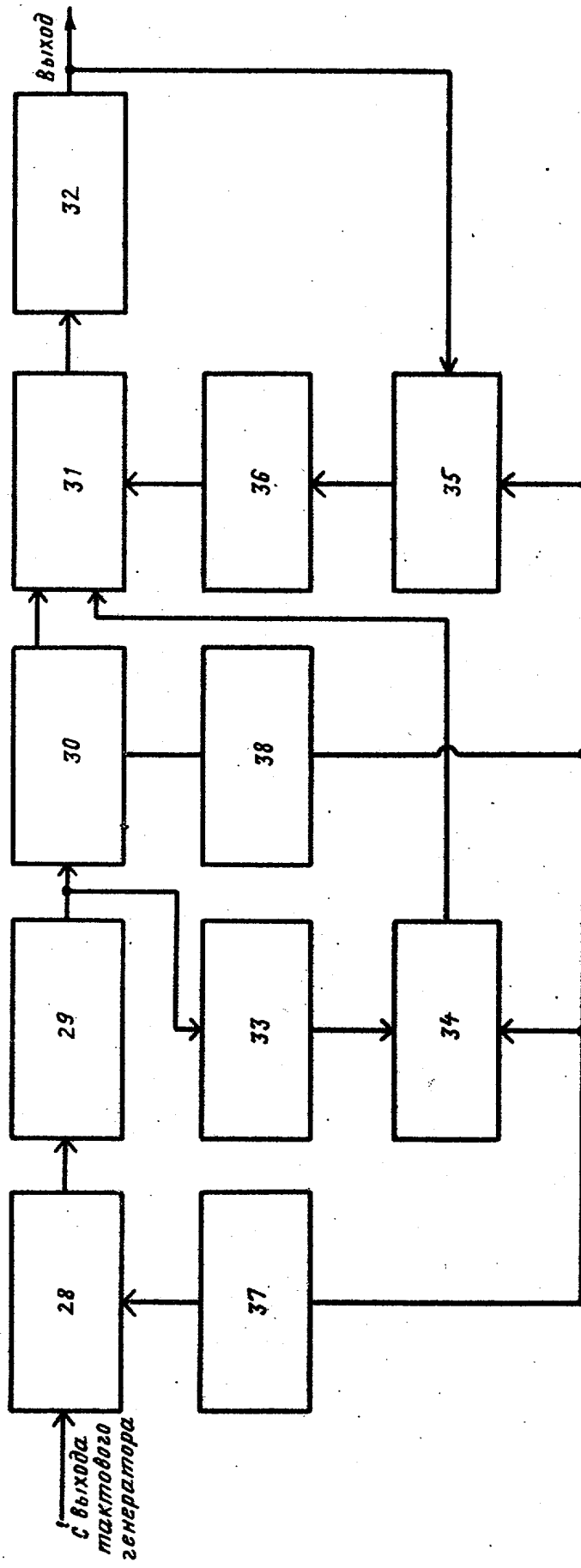
Выходной сигнал блока 32 ограничителей поступает на вход седьмого ключа 35 и записывается в четвертый блок 36 регистров при получении разрешающего сигнала от элемента И 13. Таким образом, на  $(i+1)$ -й итерации в третьем блоке 31 сумматоров имеют управляющее воздействие  $\delta_{k,i+1}$ .

Предлагаемое устройство позволяет увеличить уставку ограничителя передачи мощности путем уменьшения флюктуаций перетока мощности; ограничитель перетока известных систем АРЧМ работает 5-6 ч/сут. Следовательно, устройство позволяет передавать по линии дополнительную электроэнергию без увеличения расхода топлива.

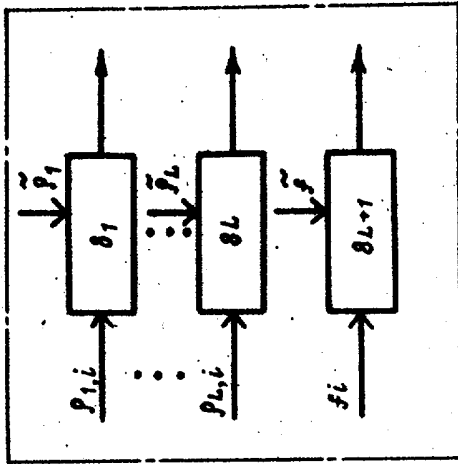


Физ. 1

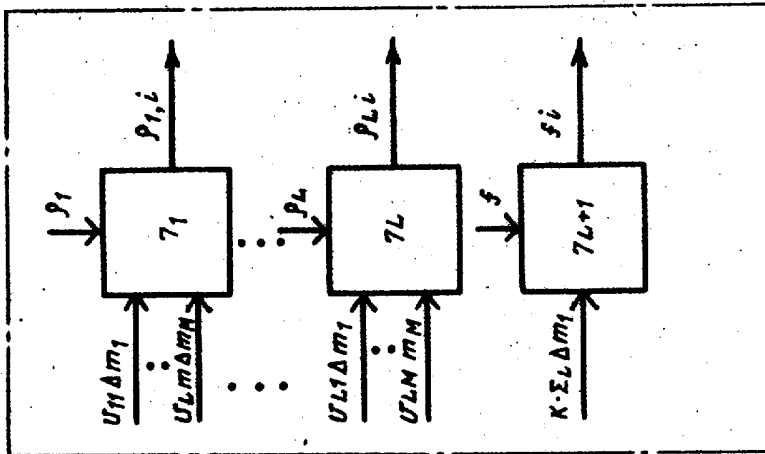




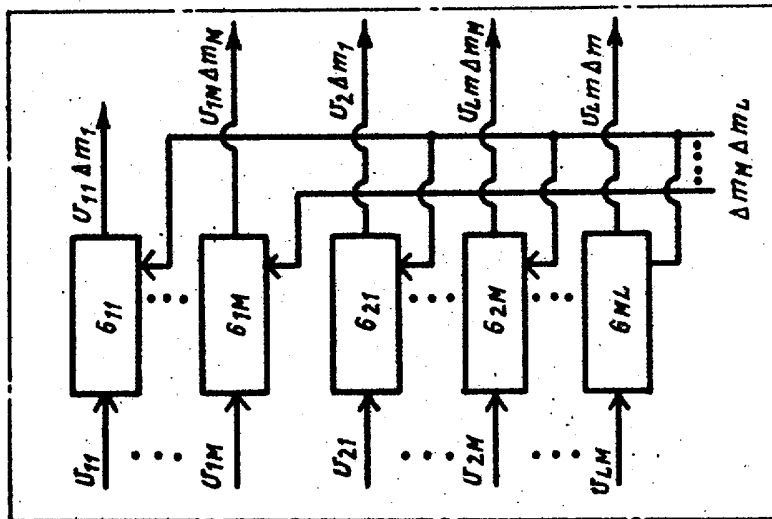
Фиг. 2



б

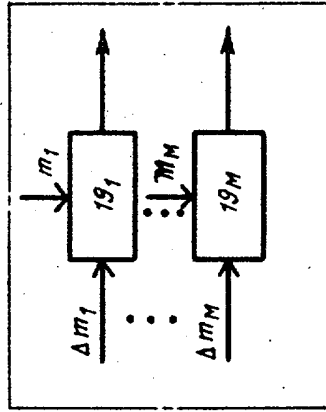


б

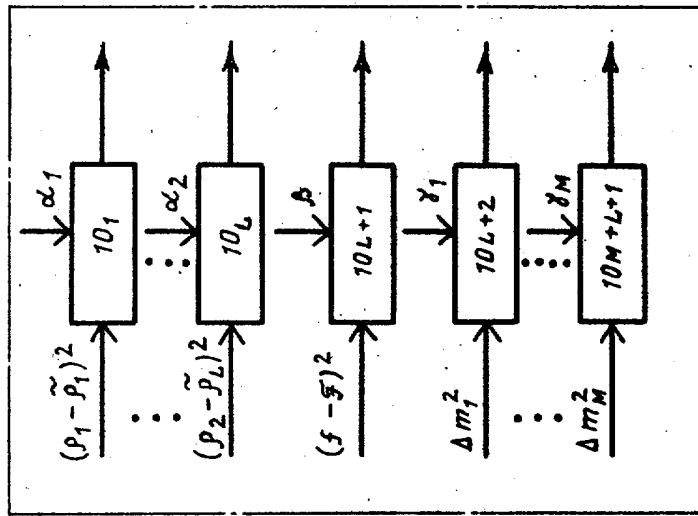


а

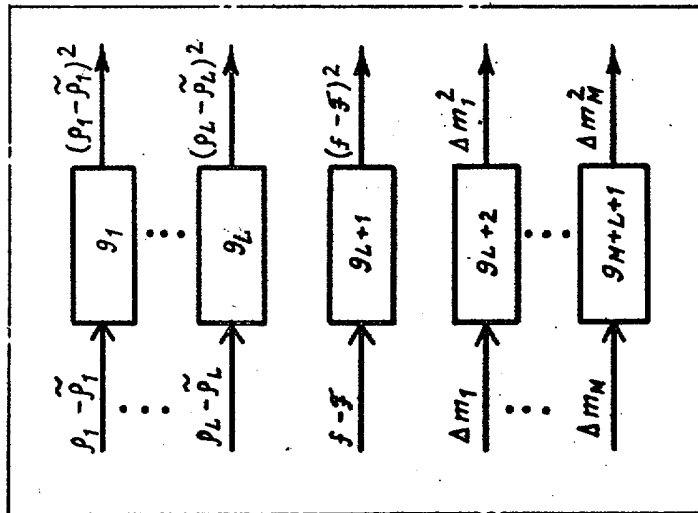
Ф. 4.3



6

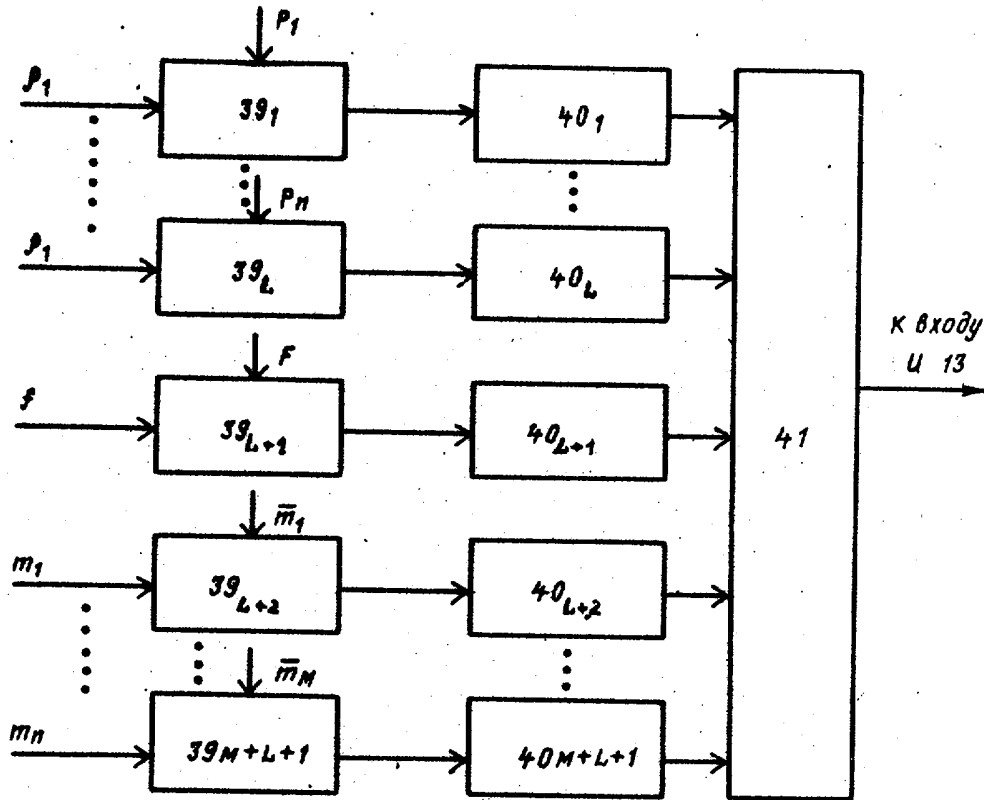


8



9

Фиг. 4



Фиг.5

Составитель К.Фотина  
 Редактор Л.Пчелинская Техред М.Тепер Корректор В.Бутыга

---

Заказ 11697/50 Тираж 614 Подписное  
 ВНИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

---

Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная,4