



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1628131** **A1**

(51)5 Н 02 J 3/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- 1
- (21) 4651293/07
(22) 14.02.89
(46) 15.02.91. Бюл. № 6
(71) Всесоюзный государственный проектно-исследовательский и научно-исследовательский институт энергетических систем и электрических сетей "Энергосетьпроект" и Всесоюзный научно-исследовательский институт электроэнергетики
(72) С.И.Хмельник, М.А.Рабинович и В.Н.Жилейкина
(53) 621.316.728 (088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1197004, кл. Н 02 J 3/06, 1984.
Авторское свидетельство СССР № 1403217, кл. Н 02 J 3/06, 1986.
(54) УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕТОКОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ
(57) Изобретение относится к электротехнике. Цель изобретения - расширение

2

ние функциональных возможностей путем регулирования частоты, увеличение быстродействия и упрощение устройства. Для решения задачи автоматического регулирования частоты и перетоков активной мощности в устройстве имеется блок формирования управляющих воздействий, включающий в себя имитаторы узлов энергосистемы и имитаторы линий электропередачи. В целом в указанном блоке образуется электрическая цепь, являющаяся моделью энергосистемы и одновременно физической моделью задачи математического программирования. В электрической цепи токи распределяются таким образом, что минимизируются управляющие воздействия и отклонения контролируемых величин от границ диапазонов. При этом учитывается влияние отклонения частоты от номинального значения. 5 ил.

Изобретение относится к электротехнике.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей за счет регулирования частоты, а также увеличение быстродействия и упрощение устройства.

На фиг.1 изображено предлагаемое устройство; на фиг.2 - блок формирования управляющих воздействий; на фиг.3 - имитатор узла энергосистемы; на фиг.4 - имитатор линии электропередачи; на фиг.5 - ограничитель тока.

Предлагаемое устройство (фиг.1) содержит соединенный с энергосистемой 1 блок 2 телеизмерений регулируемых параметров и блок 3 задатчиков уставок. С энергосистемой 1 каналом 4 управления мощностью регулируемых объектов связан управляющий блок 5. Входы управляющего блока 5 присоединены к выходам блока 2 телеизмерений регулируемых параметров и блока 3 задатчиков уставок.

Блок 2 телеизмерений состоит из отдельных датчиков: датчика 2.3 отк-

(19) **SU** (11) **1628131** **A1**

ления частоты от номинальной и датчиков 2.1, 2.2, ... генерируемых мощностей. Блок 3 задатчиков уставок состоит из отдельных задатчиков 3.1, 3.2, ... 5 уставок по перетокам мощности.

Множество выходов датчиков 2.1, 2.2, ... будем называть первым выходом блока 3 телеизмерений, а выход датчика 2.3 - вторым выходом этого блока. Аналогично множество выходов задатчиков 3.1.1, 3.1.2, ..., 3.2.1, 3.2.2 - будем называть выходом блока 3 задатчиков уставок.

Управляющий блок 5 содержит блок 6 корректирующих фильтров 6.1, 6.2, ... и блок 7 формирования управляющих воздействий, у которого к входам присоединены выходы блока 2 телеизмерений и выход задатчика 3 уставок, а выход соединен с входом блока 6 корректирующих фильтров, выход которого является выходом управляющего блока в целом. Блок 7 формирования управляющих воздействий (фиг. 2) выполнен из материалов узлов энергосистемы 8.1, 8.2, ..., 8.К, имитаторов линий электропередачи 9.1, 9.2, ..., ..., 9.і, количество которых определяется количеством узлов и линий электропередач энергосистемы, двух групп управляемых источников тока 10.1, 10.2, ..., 10.і, и 11.1, 11.2, ..., ..., 11.і, количество которых в каждой группе равно количеству имитаторов 9 линии электропередач, группы резисторов 12.1, 12.2, ..., 12.к, количество которых равно количеству имитаторов 8 узлов энергосистемы, и группу упомянутых блоков моделирования 13.1, 13.2, ..., 13.і, количество которых равно количеству имитаторов линии электропередач.

Каждый имитатор линий электропередач имеет два функциональных узла и два управляющих входа, а каждый имитатор узла энергосистемы имеет два функциональных входа, четыре управляющих входа и управляющий выход, причем эти выходы образуют в совокупности выход блока 7 формирования управляющих воздействий в целом. Первые управляющие входы всех имитаторов узлов энергосистемы образуют в совокупности первый вход этого блока, связанный с выходом блока 2 телеизмерений, вторые и третьи управляющие входы всех имитаторов - второй вход

этого блока, соединенный с выходом блока 3 задатчиков уставок. Четвертые управляющие входы имитаторов узлов объединены и являются третьим входом этого блока, соединенным со вторым выходом блока 2 телеизмерений. Первые функциональные входы всех имитаторов узлов энергосистемы объединены. Каждый имитатор 9.і линии электропередач соединен последовательно с управляемым источником тока 10.і первой группы так, что блоки 9.і и 10.і образуют і-ю последовательную цепочку. Эти цепочки и вторые функциональные выходы всех имитаторов узлов энергосистемы соединены между собой аналогично соединению концов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы: каждая линия электропередач имитируется одной из і-х цепочек, а каждый узел энергосистемы имитируется одним из имитаторов 8.К.

Управляемые источники тока 11.і второй группы и интеграторы 12.К соединены между собой аналогично соединению концов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы. Каждая пара управляемых источников тока 10.і и 11.і, в которой один из них принадлежит первой группе, второй - второй группе, а оба соответствуют одной и той же имитируемой линии электропередач, подключена к одному из блоков моделирования 13.і так, что его первый двухпроводный вход включен параллельно с управляемым источником тока 10.і первой группы, второй двухпроводный вход - с управляемым источником тока 11.і второй группы, первый выход блока моделирования 13.і соединен с управляющим входом управляемого источника тока 10.і первой группы, второй выход - с управляющим входом управляемого источника тока 11.і второй группы.

Каждый имитатор узла электросистемы 8.і (фиг. 3) содержит включенные последовательно между его функциональными входами ограничитель тока 14 с двумя управляющими входами и первый управляемый источник тока 15, параллельно которому включены последовательно соединенные усилитель 16 и резистор 17. Кроме того, параллельно первому управляемому источнику

тока 15 включен второй управляемый источник тока 18. Управляющие входы первого управляемого источника тока 15, ограничителя тока 14 и второго управляемого источника тока 18 являются соответственно первым, вторым, третьим и четвертым управляющими входами имитатора 8 в целом, а выход усилителя 16 является управляющим выходом имитатора 8 в целом.

Каждый имитатор линии электропередач 9 (фиг.4) выполнен в виде включенного между его функциональными входами ограничителя тока с двумя управляющими входами, которые являются соответственно первым и вторым управляющими входами имитатора 9 в целом.

Каждый ограничитель тока 9 и 14 (фиг.5) содержит диоды 19 и 20, резисторы 21 и 22, управляемые источники тока 23 и 24. Диоды 19 и 20 включены между функциональными входами ограничителя тока последовательно и в противоположных направлениях. Параллельно диоду 19 включены резистор 21 и управляемый источник тока 23, а параллельно диоду 20 включены резис-

$$Q_i = \begin{cases} P_{\Lambda i}^I - P_{\Lambda i}^* & , \\ 0 & \end{cases}$$

$$D_i = \begin{cases} P_{\Lambda i}^* - P_{\Lambda i}^{II} & , \\ 0 & \end{cases}$$

$$L_k = \begin{cases} P_{ГК}^I - P_{ГК}^* & , \\ 0 & \end{cases}$$

$$M_k = \begin{cases} P_{ГК}^* - P_{ГК}^{II} & , \\ 0 & \end{cases}$$

Задача заключается в следующем: минимизировать I при условиях

$$I \sum_{i=1}^n (q_i Q_i^2 + d_i D_i^2) + \sum_{k=1}^n (h_k V_k^2 + l_k L_k^2 + m_k M_k^2) + \sum_{k=1}^n \beta_k \varphi_k^2, \quad (5)$$

$$P_{ГК}^* = P_{ГК} - S_k \Delta f + V_k, \quad (6)$$

$$P_{ГК}^* = \sum_{i=1}^n \beta_{ki} P_{\Lambda i}^*, \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^n P_{ГК} = 0 \quad (9)$$

тор 22 и управляемый источник тока 24.

Прежде всего рассмотрим постановку задачи регулирования, решаемой предлагаемым устройством. Обозначим:

V_k - управления;

$P_{ГК}$ - измеренные узловые мощности;

Δf - отклонение частоты от номинального значения;

S_k - коэффициенты статизма нагрузки;

$P_{ГК}^*$ - узловые мощности, которые должны установиться после отработки управлений;

$P_{\Lambda i}^*$ - перетоки мощности, которые должны установиться после отработки управлений;

$P_{ГК}^I, P_{ГК}^{II}$ - наименьшее и наибольшее значения узловых мощностей, задаваемые в блоке 3 задатчиков уставок;

$P_{\Lambda i}^I, P_{\Lambda i}^{II}$ - то же для перетоков мощности;

δ_i - разность фаз напряжений на концах линий электропередач;

φ_k - фазы узловых напряжений,

$$\left. \begin{aligned} & \text{если } P_{\Lambda i}^I > P_{\Lambda i}^* \\ & \text{если } P_{\Lambda i}^I \leq P_{\Lambda i}^* \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} & \text{если } P_{\Lambda i}^* > P_{\Lambda i}^{II} \\ & \text{если } P_{\Lambda i}^* \leq P_{\Lambda i}^{II} \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} & \text{если } P_{ГК}^I > P_{ГК}^* \\ & \text{если } P_{ГК}^I \leq P_{ГК}^* \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\left. \begin{aligned} & \text{если } P_{ГК}^* > P_{ГК}^{II} \\ & \text{если } P_{ГК}^* \leq P_{ГК}^{II} \end{aligned} \right\} (4)$$

$$P_{\Lambda i}^* = a_i \sin \delta_i, \quad (10)$$

$$\delta_i = \sum_{k=1}^n \beta_{ki} \varphi_k \quad (11)$$

$$\varphi_i = 0 \quad (12)$$

где a_i - постоянный (при данных параметрах линии электропередачи и модулях напряжений на ее концах) коэффициент, β_{ki} - в зависимости от соединения k-го узла с i-й линией, электропередач и от направ-

ления перетока, принятого за положительное;

$\rho_k, q_i, d_i, h_k, l_k, m_k$ - весовые коэффициенты.

Эта задача совпадает с задачей, решаемой в прототипе, за исключением следующего. Во-первых, учитывается влияние отклонения частоты от номинального значения Δf (6), при восстановлении номинального значения частоты мощности каждой узловой нагрузки увеличивается на величину $S_k \cdot \Delta f$. Во-вторых, показатель качества дополнен последним членом с φ_k^2 . Первые два члена отражают требования минимизации управлений V_k и минимизации отклонений Q_i, D_i, L_k, M_k , контролируемых величин $P_{\Lambda i}^*$ и $P_{ГК}^*$ от границ диапазонов

$$P_{\Lambda i}^I < P_{\Lambda i}^* < P_{\Lambda i}^II, \quad (13)$$

$$P_{ГК}^I < P_{ГК}^* \leq P_{ГК}^II \quad (14)$$

Последний член в (5) означает требование минимизации фаз узловых напряжений (измеряемых относительно базового узла). Из дальнейшего будет ясно, что это требование не приводит к необходимости измерения этих фаз. Кроме того, величины ρ_k могут быть взяты очень малыми, что сводит к минимуму влияние этого требования на результаты решения задачи.

Следуя прототипу (4) заменим выражения 1 - 4 на следующие:

$$Q_i = P_{\Lambda i}^I - P_{\Lambda i}^* - Q_i^I, \quad (15)$$

$$Q_i \geq 0, Q_i^I \geq 0, Q_i^I = 0, \quad (16)$$

$$D_i = P_{\Lambda i}^* - P_{\Lambda i}^II - D_i^I, \quad (17)$$

$$D_i = 0, D_i^I \geq 0, D_i D_i^I = 0, \quad (18)$$

$$L_k = P_{ГК}^I - P_{ГК}^* - L_k^I, \quad (19)$$

$$L_k \geq 0, L_k^I \geq 0, L_k L_k^I = 0, \quad (20)$$

$$M_k = P_{ГК}^* - P_{ГК}^II - M_k^I, \quad (21)$$

$$M_k \geq 0, M_k^I \geq 0, M_k M_k^I = 0. \quad (22)$$

Итак, предлагаемое устройство решает задачу минимизации I при

$$[(5) - (12), (15) - (22)], \quad (23)$$

где данными являются $P_{ГК}^I, P_{ГК}^*, P_{ГК}^II, P_{\Lambda i}^I, P_{\Lambda i}^*, P_{\Lambda i}^II, \Delta f$ и коэффициенты $S_k, a_i, \beta_{ki}, q_i, d_i, h_k, l_k, m_k$.

По аналогии с прототипом решение задачи минимизации I методом неопределенных множителей Лагранжа сводится к решению системы уравнений и неравенств, отличающийся от системы (23) тем, что в ней выражение (5) заменяется следующими уравнениями:

$$\bar{G}_i + 2[d_i D_i - q_i Q_i + \sum_{k=1}^n \beta_{ki} (h_k V_k + m_k M_k - l_k L_k)] = 0, \quad (24)$$

$$\lambda_i = a_i \bar{G}_i \cos \delta_i = 0, \quad (25)$$

$$-\sum_{i=1}^l \beta_{ki} \lambda_i + 2\rho_k \varphi_k = 0, \quad (26)$$

где \bar{G}_i, λ_i - неопределенные множители Лагранжа. Таким образом, задача регулирования сводится к решению системы уравнений и неравенств:

$$[(6) - (12), (15) - (22), (24) - (26)] \dots \quad (27)$$

Устройство функционирует следующим образом.

Из блока 2 телеизмерений на управляющие входы источников тока 17 поступают величины $P_{ГК}$, устанавливая величину тока этих источников

$$I_{ГК} = b P_{ГК}, \quad (28)$$

где b - известный коэффициент.

Аналогично, из блока 3 задатчиков уставок на управляющие входы источников тока 23 и 24, входящих в состав ограничителя тока 9 и 14, поступают величины $P_{\Lambda i}^I, P_{\Lambda i}^*, P_{\Lambda i}^II, P_{ГК}^I, P_{ГК}^*$, устанавливая величину тока этих источников соответственно

$$I_{\Lambda i}^I = b P_{\Lambda i}^I; I_{\Lambda i}^II = b P_{\Lambda i}^II, \quad (29)$$

$$I_{ГК}^I = b P_{ГК}^I; I_{ГК}^II = b P_{ГК}^II. \quad (30)$$

Из датчика частоты 20 на управляющие входы всех источников тока 18.к поступает величина Δf , устанавливая величину тока этих источников

$$I_{fk} = C_k \Delta f. \quad (30a)$$

Рассмотрим работу ограничителя тока 9, обозначив через $I_{\Lambda i}, I_{Ri}, I_{D1i}, I_{D2i}$ соответственно токи, протекающие через ограничитель 9, резисторы 21 и 22, диоды 19, 20 (положительным будем считать направление от резистора 21 к резистору 22). Очевидно

$$\left. \begin{aligned} I_{\Lambda i} &= I_{R1i} + I_{D1i} + I_{\Lambda i}^I, \\ I_{\Lambda i} &= I_{R2i} + I_{D2i} + I_{\Lambda i}^{II}, \\ I_{D1i} &\geq 0, I_{D2i} \leq 0 \\ I_{R1i} &\leq 0, I_{R2i} \geq 0 \\ I_{R1i} I_{D1i} &= 0 \\ I_{R2i} I_{D2i} &= 0 \end{aligned} \right\} (31)$$

Аналогично:

$$\left. \begin{aligned} I_{y_k} &= I_{R1k} + I_{D1k} + I_{\Gamma k}^I, \\ I_{y_k} &= I_{R2k} + I_{D2k} + I_{\Gamma k}^{II}, \\ I_{D1k} &\geq 0 \\ I_{D2k} &\leq 0 \\ I_{R1k} &\leq 0 \\ I_{R2k} &\geq 0 \\ I_{R1k} I_{D1k} &= 0 \\ I_{R2k} I_{D2k} &= 0 \end{aligned} \right\} (32)$$

где I_{y_k} - ток k -го ограничителя тока 14.

Сравнивая (15) - (18) с (31) замечаем эквивалентность, этих соотношений при (29) и

$$\left. \begin{aligned} I_{\Lambda i} &= bP_{\Lambda i}^*, \\ Q_i^I &= bI_{D1i}, Q_i^{II} = -bI_{R1i}, \\ D_i^I &= -bI_{D2i}, D_i^{II} = bI_{R2i} \end{aligned} \right\} (33)$$

аналогично можно показать, что (19)-(22) - эквивалентно (37) при (30) и

$$\left. \begin{aligned} I_{y_k} &= bP_{\Gamma k}^*, \\ L_k^I &= bI_{D1k}, L_k^{II} = -bI_{R1k}, \\ M_k^I &= -bI_{D2k}, M_k^{II} = bI_{R2k} \end{aligned} \right\} (34)$$

Величины $P_{\Gamma k}$ удовлетворяют соотношению (9). Отсюда и из (28) следует, что

$$\sum_{k=1}^n I_{\Gamma k} = 0. \quad (35)$$

Обозначим через G_k , V_k , $I_{\Gamma k}$ сопротивление, напряжение и ток резистора 13.к. Очевидно,

$$V_k = G_k \cdot I_{\Gamma k}. \quad (36)$$

У резистора 21.1, соответствующего базовому узлу, сопротивление $G_{\varphi} = 0$ и поэтому напряжение на нем

$$V_{\varphi} = 0. \quad (37)$$

Напряжение e_i на i -м источнике тока 10 и напряжение Δ_i на i -м ис-

точнике тока 11. i подаются на входы i -го блока моделирования, который (как показано в прототипе) вырабатывает на своих выходах сигналы

$$x_i = a_i \sin \Delta_i; \quad (36)$$

$$y_i = a_i e_i \cos \Delta_i; \quad (37)$$

Эти сигналы поступают на управляющие входы источника тока 10. i и 11. i соответственно, устанавливая величину токов этих источников

$$I_{\Lambda i}^I = b a_i \sin \Delta_i; \quad (38)$$

$$I_{\Lambda i}^{II} = b a_i e_i \cos \Delta_i; \quad (39)$$

соответственно.

В электрической цепи устройства токи и напряжения удовлетворяют следующей системе уравнений законов Кирхгофа:

$$I_{\Gamma k} = \sum_{i=1}^p \beta_{ki} I_{\Lambda i}; \quad (40)$$

$$I_{y_k} = I_{\Gamma k} + I_{\Gamma k} - I_{\Gamma k}, \quad (41)$$

$$I_{y_k} = \sum_{i=1}^p \beta_{ki} I_{\Lambda i}; \quad (42)$$

$$\sum_{k=1}^n I_{y_k} = 0, \quad (43)$$

$$\Delta_i = \sum_{k=1}^n \beta_{ki} V_{k_i}; \quad (44)$$

$$e_i = R_{r_i} I_{R2i} - R_{r_i} I_{R1i} + \sum_{k=1}^n \beta_{ki} (r_k I_{\Gamma k} + R_{2k} I_{R2k} - R_{1k} I_{R1k}), \quad (45)$$

где $I_{\Gamma k}$ - ток, протекающий через k -й усилитель 16.

Следствием из (35), (41) и (43) является соотношение:

$$\sum_{k=1}^n I_{\Gamma k} = 0, \quad (46)$$

а из (36) и (40) следует

$$-\frac{V_k}{G_k} = \sum_{i=1}^p \beta_{ki} I_{\Lambda i}. \quad (47)$$

Таким образом, при определенных токах $I_{\Gamma k}$, $I_{\Gamma k}^I$, $I_{\Gamma k}^{II}$, $I_{\Gamma k}$, $I_{\Lambda i}^I$, $I_{\Lambda i}^{II}$ в электрической цепи устанавливаются токи $I_{\Gamma k}$, I_{y_k} , $I_{\Lambda i}^I$, I_{R1i} , I_{R2i} , I_{R1k} , I_{R2k} , I_{D1i} , I_{D2i} , I_{D1k} , I_{D2k} , и напряжения Δ_i , e_i , V_k , удовлетворяющие системе уравнений

$$[(31), (32), (35), (37) - (39), (41) - (45)]. \quad (46)$$

Можно заметить, что системы уравнений (46) и (26) совпадают. Точнее, если в уравнениях системы (46) произвести замену переменных в соответствии с (28), (30), (33), (34), и следующими соотношениями

$$\begin{aligned} G_k &= 1/2\rho_k, \\ R_{1k} &= 2q_1/b^2; R_{2k} = 2d_1/b^2, \\ R_{1k} &= 2l_k/b^2, R_{2k} = 2m_k/b^2, \\ r_k &= 2h_k/b^2, \\ e_k &= G_k/b, \\ C_k &= b \cdot S_k, \\ \Delta_k &= \delta_k, \\ V_k &= \varphi_k, \\ I_k &= \lambda_k, \\ I_{rk} &= bV_k, \end{aligned} \quad (47)$$

то образуется система (27).

Рассмотрим выражение

$$\sum_{k=1}^n \frac{V_k^2}{G_k} \approx 0 \quad (48)$$

Условие (48) соответствует вышеотмеченному требованию о том, чтобы последний член показателя качества I имел незначительную величину относительно других слагаемых:

Из (48) и (36) следует, что (48) выполняется, если

$$I_{rk} = 0. \quad (49)$$

Покажем, что это условие выполняется. Из системы устройства следует, что

$$\sum_{k=1}^n I_{rk} = 0. \quad (50)$$

При достаточно больших C_k для $K \neq 0$ (по сравнению с R_1 и R_2)

$$I_{rk} \approx 0. \quad (51)$$

Из (50) и (51) следует, что

$$I_{r1} \approx 0, \quad (52)$$

несмотря на то, что $G_1 = 0$. Следовательно, имеет место (49) для всех значений K . Таким образом, качество регулирования не изменяется при замене интеграторов прототипа (4) резисторами с большим сопротивлением.

Итак, из (47) следует, что токи I_{rk} усилителей 16 становятся пропорциональными искомым управляющим воздействиям V_k , т.е. сигналы на выходах этих усилителей оказываются про-

порциональными управлениям V_k . Эти сигналы подаются на входы блока корректирующих фильтров 6. Заметим, что блок 6 выбирается известным в технике автоматического регулирования образом из соображений обеспечения необходимого качества динамического процесса регулирования (устойчивости, быстродействия, величины перерегулирования).

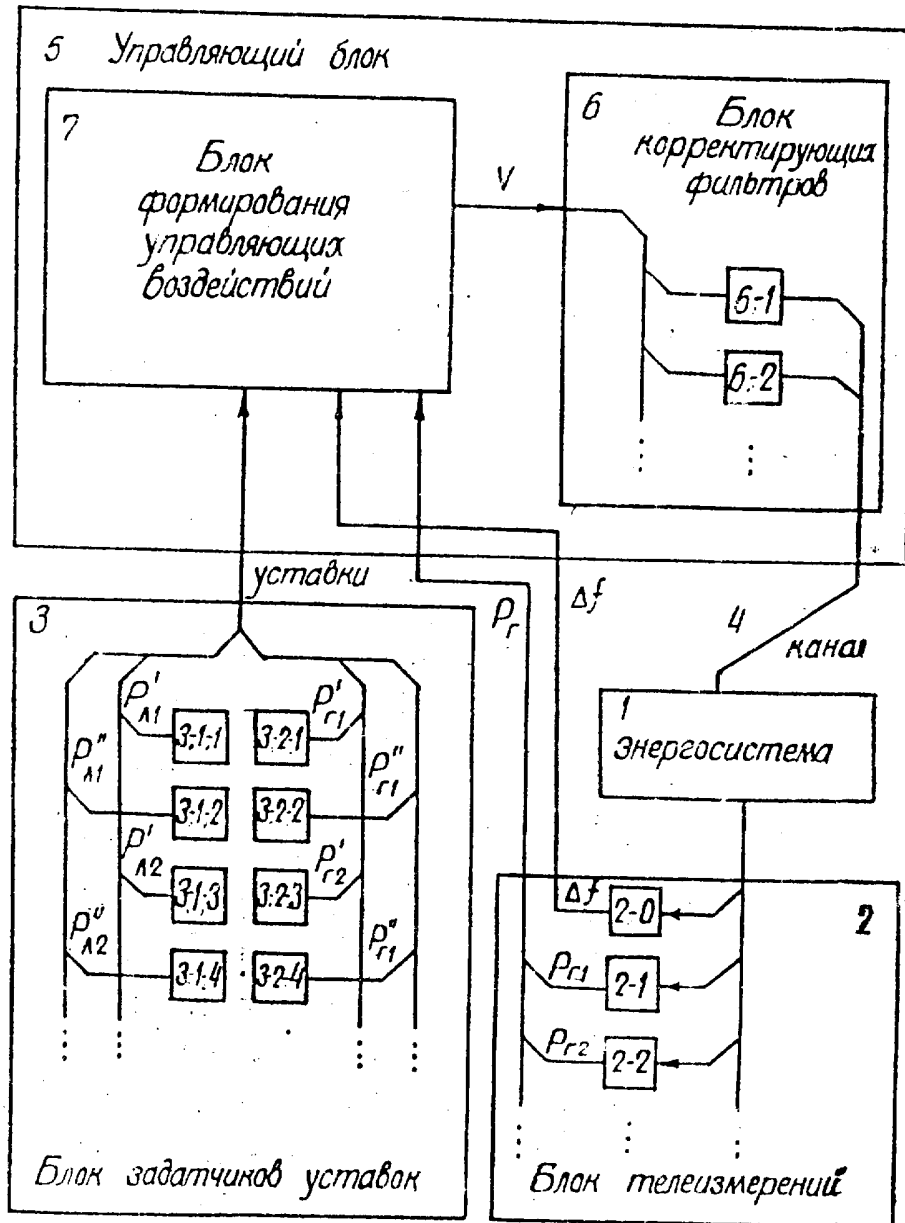
Сигналы с выхода блока корректирующих фильтров 6 поступают через канал 4 в энергосистемы 1 для изменения мощности регулируемых объектов. В результате этого меняются текущие значения регулируемых параметров энергосистемы. После следующего цикла измерения соответствующие теле-сигналы вновь подаются на управляющие входы источников тока 15 и 18, в результате чего образуется замкнутый контур системы регулирования.

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

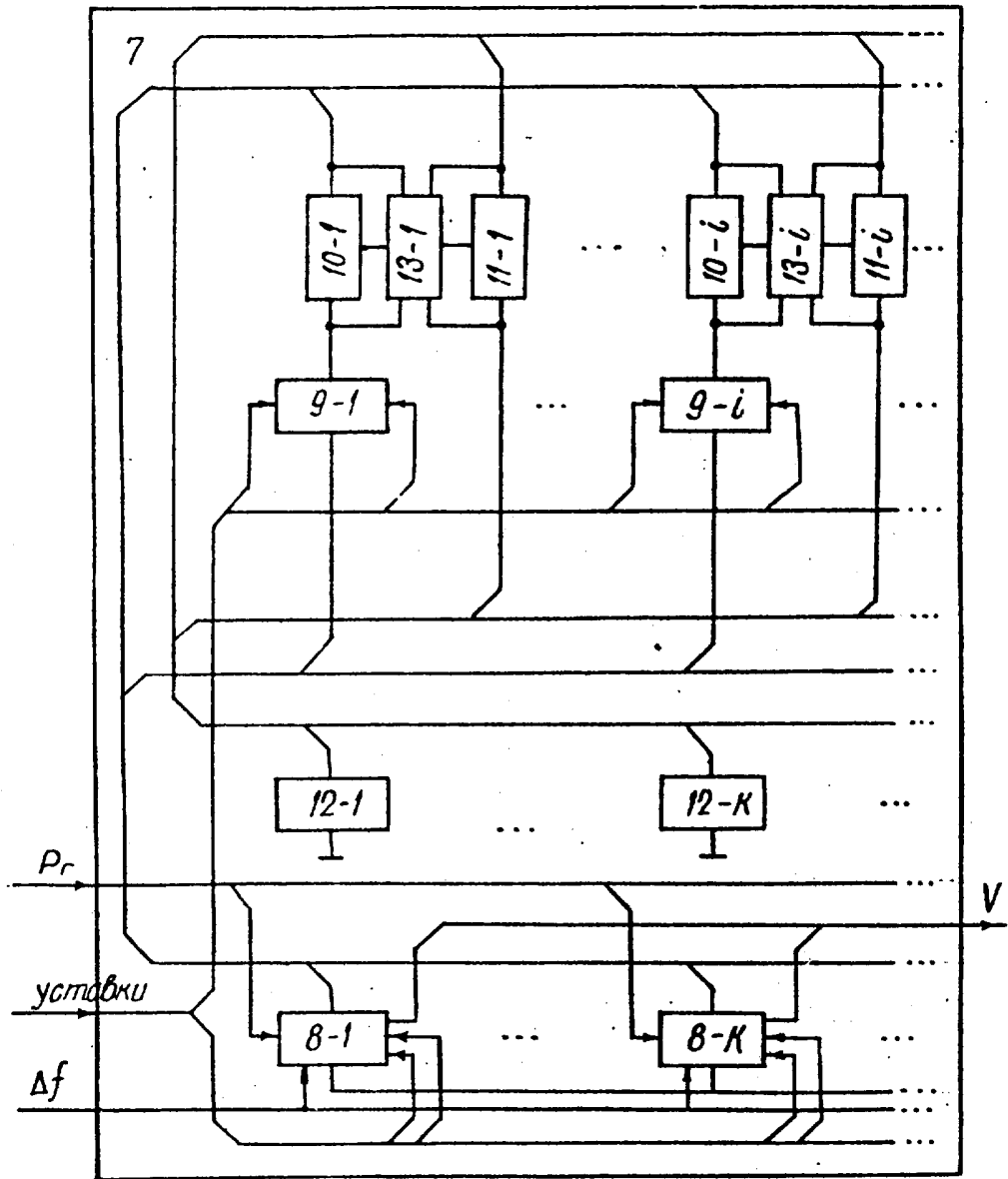
Устройство автоматического регулирования перетоков активной мощности в энергосистеме, содержащее блок телеизмерения регулируемых параметров, состоящий из датчиков генерируемых мощностей, вход которого соединен с энергосистемой, а выход объединяет выходы датчиков генерируемых мощностей, блок задатчиков уставок, выход которого объединяет выходы задатчиков уставок, и управляющий блок, связанный своим выходом через канал управления мощностью регулируемых объектов с энергосистемой, причем управляющий блок содержит блок формирования управляющих воздействий, выход которого соединен с входом блока корректирующих фильтров, выход которого является выходом управляющего блока в целом, блок формирования управляющих воздействий выполнен из имитаторов узлов энергосистемы, количество которых равно количеству узлов энергосистемы, имитаторов линий электропередач, количество которых равно количеству линий электропередач энергосистемы, первый и второй групп управляемых источников тока, количество которых в каждой группе равно количеству имитаторов линий электропередач, и блоков моделирования зависимости перетоков активной мощности по линии электропередач от разно-

ти фаз узловых напряжений, количество которых равно количеству имитаторов линий электропередач, каждый имитатор линий электропередач имеет два функциональных и два управляющих входа, а каждый имитатор узла энергосистемы имеет еще и управляющий выход, причем эти выходы образуют в совокупности выход блока формирования управляющих воздействий в целом, соединенный с входом блока корректирующих фильтров, первые управляющие входы всех имитаторов узлов энергосистемы образуют в совокупности первый вход блока формирования управляющих воздействий, связанный с выходом блока телеизмерений, первые функциональные входы всех имитаторов узлов энергосистемы объединены, вторые функциональные входы этих имитаторов и первый и второй функциональные входы всех имитаторов линий электропередач соединены между собой аналогично соединению узлов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы, последовательно с каждым имитатором линии электропередач включен один из управляемых источников тока первой группы, причем каждая пара управляемых источников тока, в которой один из них принадлежит первой группе, другой - второй группе, а обе соответствуют одной и той же имитируемой линии электропередач, подключена к одному из упомянутых блоков моделирования, так что первый двухпроводный его вход включен параллельно с управляемым источником тока первой группы, второй двухпроводный его вход - с управляемым источником тока второй группы, первый его выход соединен с управляющим входом управляемого источника тока первой группы, второй выход - с управляющим входом управляемого источника тока второй группы, каждый имитатор линии электропередач выполнен в виде включенного между его функциональными входами ограничителя тока с двумя управляющими входами, каждый имитатор узла энергосистемы содержит усилитель, резистор, управляемый источник тока и ограничитель тока с двумя управляющими входами, причем этот ограничитель включен последовательно с управляемым источником тока между функ-

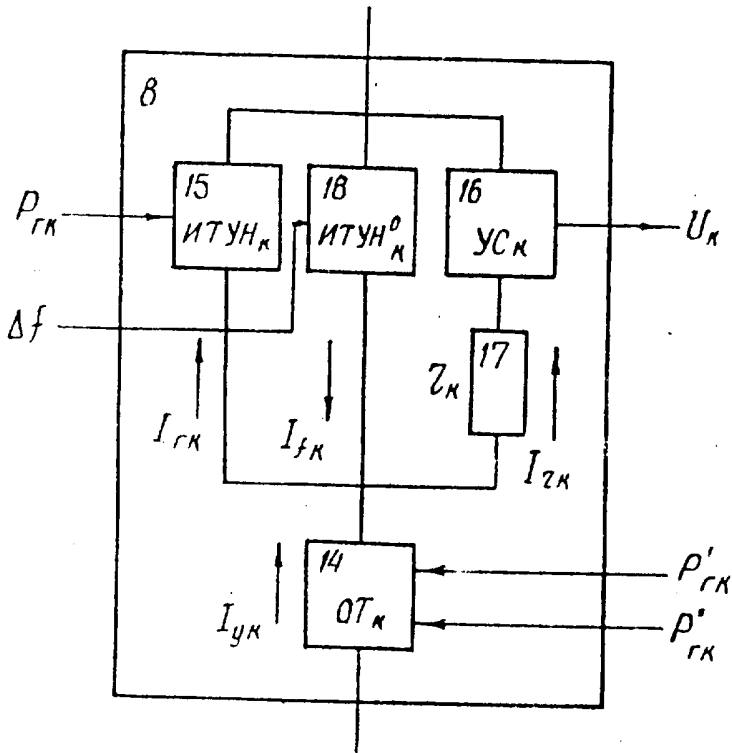
циональными входами этого имитатора, а управляемый источник тока включен параллельно с последовательно соединенными усилителем и резистором, каждый ограничитель тока содержит два управляемых источника тока, два диода и два резистора, причем диоды включены между функциональными входами ограничителя тока последовательно и в противоположных направлениях, параллельно каждому диоду включены один из резисторов и один из управляемых источников тока, при этом управляющие входы ограничителя тока во всех имитаторах образуют в совокупности второй управляющий вход блока формирования управляющих воздействий в целом, соединенный с выходом блока задатчиков уставок, при этом управляющие входы ограничителя тока имитатора линий электропередач и выходы задатчиков уставок по потокам мощности и управляющие входы ограничителей тока имитатора узла энергосистемы подключены к выходам задатчиков уставок по генерируемым мощностям, что достигается тем, что, в целях расширения функциональных возможностей путем регулирования частоты, увеличения производительности и управления устройством, в него введены резисторы, количество которых равно количеству узлов энергосистемы, блок телеизмерения дополнен датчиком отклонения частоты от номинальной, а каждый имитатор узла энергосистемы дополнен вторым управляемым источником тока, при этом управляемый источник тока второй группы и резисторы введены параллельно с первым введением резисторы соединены между собой аналогично соединению узлов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы, вторые управляемые источники тока в имитаторах узла энергосистемы включены параллельно первым управляемым источникам тока в этих имитаторах, управляемые входы вторых управляемых источников тока ведутся через резисторы к управляющим входам соответствующих имитаторов узлов, объединенными между собой, и является также вторым входом блока формирования управляющих воздействий, соединенным с вторым выходом блока телеизмерений, которым является выход дополнительного введенного датчика отклонения частоты от номинальной.



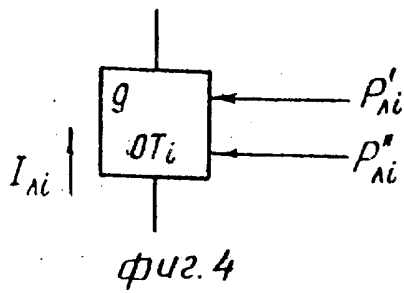
Фиг. 1



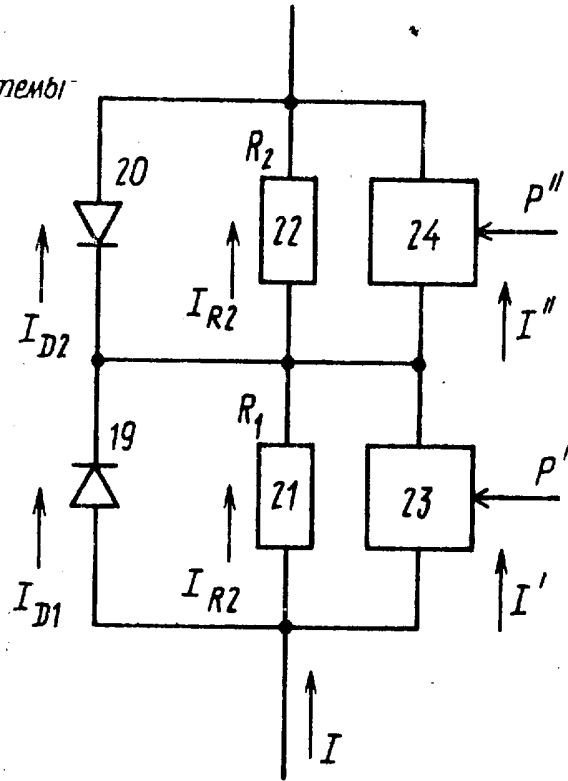
фиг. 2



Фиг. 3. Имитатор узла энергосистемы



Фиг. 4



Фиг. 5

Составитель К.Фотина
 Редактор В.Ковтун Техред Л.Олейник Корректор С.Шекмар

Заказ 345 Тираж 326 Подписное

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

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