



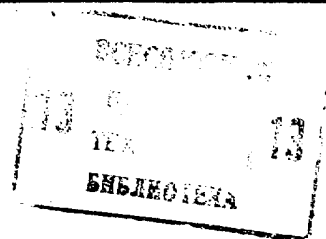
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1403217 A1

(51)4 Н 02 J 3/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 4155428/24-07

(22) 02.12.86

(46) 15.06.88. Бюл. № 22

(71) Всесоюзный научно-исследовательский институт электроэнергетики и Всесоюзный государственный проектно-исследовательский и научно-исследовательский институт энергетических систем и электрических сетей "Энергосетьпроект"

(72) О.И. Хмельник

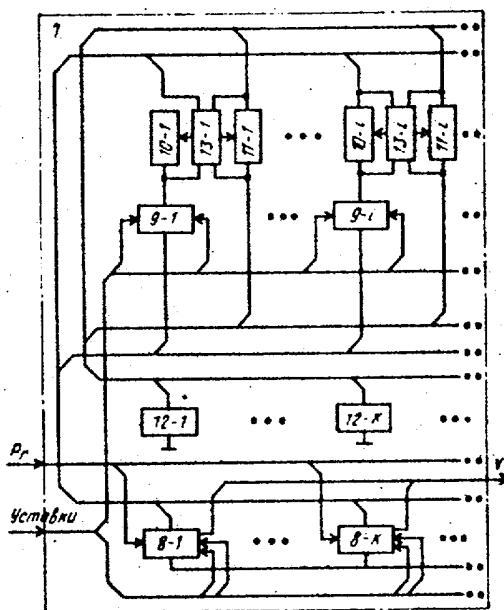
(53) 621.316.728(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 1164822, кл. Н 02 J 3/06, 1984.

Авторское свидетельство СССР № 1275639, кл. Н 02 J 3/06, 1985.

(54) УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕТОКОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

(57) Изобретение относится к области электротехники. Цель изобретения - повышение экономичности и надежности энергоснабжения. Основным в устройстве является блок 7 формирования управляющих воздействий, включающий в себя имитаторы 8 узлов энергосистемы и имитаторы 9 линии электропередачи. Имитаторы 8 и 9 соединены аналогично соединению имитируемых узлов и линий электропередач энергосистемы. В состав всех имитаторов включены ограни-



Фиг. 2

(19) SU (11) 1403217 A1

чители тока, выполненные таким образом, что потребляют мощность тепловых потерь в своих резисторах только в том случае, когда значение тока, перетекающего через ограничитель в целом, выходит за определенные границы. В электрической цепи блока 7 токи распределяются таким образом, что минимизируется мощность тепловых потерь. При этом устанавливаются такие токи, которые пропорциональны ак-

тивным мощностям, минимизирующим определенный показатель качества оптимального регулирования перетоков активной мощности в энергосистеме. В целом в блоке 7 образуется электрическая цепь, являющаяся моделью энергосистемы и одновременно физической моделью задачи математического программирования, решаемой при автоматическом регулировании перетоков активной мощности в энергосистеме. 5 ил.

1

Изобретение относится к электротехнике.

Целью изобретения является повышение экономичности и надежности энергоснабжения путем уменьшения флуктуаций мощности.

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

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 регулирующих объектов связан управляющий блок 5. Входы управляющего блока 5 присоединена к выходам блока 2 телеизмерений регулируемых параметров и блока 3 задатчиков уставок.

Блок 2 телеизмерений состоит из отдельных датчиков 2-1, 2-2, ... генерируемых мощностей. Блок 3 задатчиков уставок состоит из отдельных задатчиков 3-1-1, 3-1-2, ... уставок по перетокам мощности.

Множество выходов датчиков 2-1, 2-2, ... является выходом блока 2 телеизмерений. Аналогично множество выходов задатчиков 3-1-1, 3-1-2, ... и 3-2-1, 3-2-2, ... является 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 вхо-

2

дам присоединены выход 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) содержит имитаторы 8-1, 8-2, ..., 8-k, ... узлов энергосистемы, имитаторы 9-1, 9-2, ..., 9-i, ..., линий электропередачи, количество которых определяется количеством узлов и линий электропередач энергосистемы, две группы управляемых источников 10-1, 10-2, ..., 10-i, ... и 11-1, 11-2, ..., 11-i, тока, количество которых в каждой группе равно количеству имитаторов 9 линии электропередач, группу интеграторов 12-1, 12-2, ..., 12-k, ..., количество которых равно количеству имитаторов 8 узлов энергосистемы, и группу блоков 13-1, 13-2, ..., 13-i, ..., моделирования, количество которых равно количеству имитаторов 9 линии электропередач.

Каждый имитатор 9 линий электропередач имеет два функциональных и два управляющих входа, а каждый имитатор 8 узла энергосистемы - два функциональных входа, три управляющих входа и управляющий выход, причем эти выходы образуют в совокупности выход блока 7 формирования управляющих воздействий в целом.

Первые управляющие входы всех имитаторов 8 узлов энергосистемы образуют в совокупности первый вход этого блока, связанный с выходом блока 2 телеизмерений, вторые управляющие

40

входы всех имитаторов 8 и 9 и третьи управляющие входы имитаторов 9 линий электропередач - второй вход этого блока, соединенный с выходом блока 3 задатчиков уставок. Первые функциональные входы всех имитаторов 8 узлов энергосистемы объединены. Каждый имитатор 9-*i* линии электропередач соединен последовательно с управляемым источником 10-*i* тока первой группы так, что блоки 9-*i* и 10-*i* образуют *i*-ю последовательную цепочку. Эти цепочки и вторые функциональные входы всех имитаторов 8 узлов энергосистемы соединены между собой аналогично соединению концов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы: каждая линия электропередач имитируется одной из *i*-х цепочек, а каждый узел энергосистемы имитируется одним из имитаторов 8-*k*.

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

Каждый имитатор 8 узла энергосистемы (фиг. 3) содержит включенные последовательно между его функциональными входами ограничитель 14 тока с двумя управляющими входами и управляемый источник 15 тока, параллельно которому включены последовательно соединенные усилитель 16 и резистор 17. Управляющие входы управляемого источника 15 тока и ограничителя 14 тока являются соответственно первым, вторым и третьим управляющими входами имитатора 8 в целом, а выход

усилителя 16 является управляющим выходом имитатора 8 в целом.

Каждый имитатор 9 линии электропередач (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 9 и 14 тока (фиг. 5) содержит диоды 18 и 19, резисторы 20 и 21, управляемые источники 22 и 23 тока. Диоды 19 и 18 включены между функциональными входами ограничителя тока последовательно и в противоположных направлениях. Параллельно диоду 18 включены резистор 20 и управляемый источник 22 тока, а параллельно диоду 19 - резистор 21 и управляемый источник 23 тока.

Рассмотрим постановку задачи регулирования, решаемой предлагаемым устройством. Обозначим U_k - управления, $P_{гк}$ - измеренные узловые мощности, $P_{гк}^*$ - 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 мощностей, δ_i - разность фаз напряжений на концах линий электропередач, ψ_k - фазы узловых напряжений

$$Q_i = \begin{cases} P_{\Lambda i}^I - P_{\Lambda i}^*, & \text{если } P_{\Lambda i}^I > P_{\Lambda i}^* \\ 0, & \text{если } P_{\Lambda i}^I \leq P_{\Lambda i}^* \end{cases} \quad (1)$$

$$D_i = \begin{cases} P_{\Lambda i}^* - P_{\Lambda i}^{II}, & \text{если } P_{\Lambda i}^* > P_{\Lambda i}^{II} \\ 0, & \text{если } P_{\Lambda i}^* \leq P_{\Lambda i}^{II} \end{cases} \quad (2)$$

$$L_k = \begin{cases} P_{гк}^I - P_{гк}^*, & \text{если } P_{гк}^I > P_{гк}^* \\ 0, & \text{если } P_{гк}^I \leq P_{гк}^* \end{cases} \quad (3)$$

$$M_k = \begin{cases} P_{гк}^* - P_{гк}^{II}, & \text{если } P_{гк}^* > P_{гк}^{II} \\ 0, & \text{если } P_{гк}^* \leq P_{гк}^{II} \end{cases} \quad (4)$$

Задача заключается в следующем: минимизировать I при условиях:

$$I = \sum_{i=1}^{\ell} (q_i Q_i^2 + d_i D_i^2) + \sum_{k=1}^n (h_k U_k^2 + 1_k L_k^2 + m_k M_k^2) \quad (5)$$

$$P_{ГК}^* = P_{ГК} + U_k; \quad (6)$$

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

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

$$\sum_{k=1}^n P_{ГК} = 0, \quad (9)$$

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

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

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

где a_i - постоянный (при данных параметрах линии электропередачи и модулях напряжений на ее концах) коэффициент;

$\beta_{ki} = 0, 1-1$ в зависимости от соединения k -узла с i -й линией электропередач и от направления перетока, принятого за положительное,

$q_i, d_i,$
 $h_k, 1_k,$

m_k - весовые коэффициенты.

Эта задача совпадает с задачей, решаемой в прототипе, за исключением вида показателя качества I , который в данном случае учитывает необходимость минимизации управляющих воздействий U_k и минимизации отклонений Q_i, D_i, L_k, M_k контролируемых величин $P_{\Lambda i}^*$ и $P_{ГК}^*$ от границ диапазонов

$$P_{\Lambda i}^l \leq P_{\Lambda i}^* \leq P_{\Lambda i}^n; \quad (13)$$

$$P_{ГК}^l \leq P_{ГК}^* \leq P_{ГК}^n. \quad (14)$$

Последнее требование означает, что в задаче вычисляются такие значения $P_{\Lambda i}^*$ и $P_{ГК}^*$, которые лежат внутри диапазонов (13) и (14). Если же таких значений не существует, то отыскиваются ближайшие к границам этих диапазонов. Таким образом, указанная задача имеет решение при любых исходных данных $P_{ГК}$, что повышает надежность устройства по сравнению с прототипом.

Выражение (1) может быть заменено следующим:

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

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

Аналогично выражения (2) - (4) заменяются на следующие:

$$D_i = P_{\Lambda i}^* - P_{\Lambda i}^n - D_i^l; \quad (17)$$

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

$$L_k = P_{ГК}^l - P_{ГК}^* - L_k^l; \quad (19)$$

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

$$M_k = P_{ГК}^* - P_{ГК}^n - M_k^l; \quad (21)$$

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

Таким образом, предлагаемое устройство решает задачу минимизации при

[(5) - (12), (15) - (22)] (23) где данными являются $P_{ГК}, P_{ГК}^l, P_{ГК}^n, P_{\Lambda i}^l, P_{\Lambda i}^n$ и коэффициенты $a_i, \beta_{ki}, q_i, d_i, h_k, 1_k, m_k$.

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

$$\delta_i + 2[d_i D_i - q_i Q_i + \sum_{k=1}^n \beta_{ki} \cdot (h_k U_k + m_k M_k - 1_k L_k)] = 0; \quad (24)$$

$$\lambda_i - a_i \delta_i \cos \delta_i = 0; \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^{\ell} \beta_{ki} \lambda_i = 0, \quad (26)$$

где δ_i, λ_i - неопределенные множители Лагранжа.

Таким образом, задача регулирования сводится к решению системы уравнений и неравенств

$$[(4) - (12), (15) - (22), (24) - (26)]. \quad (27)$$

Рассмотрим уравнения

$$\alpha_k = \sum_{i=1}^{\ell} \beta_{ki} \lambda_i; \quad (28)$$

$$\frac{d\alpha_k}{dt} = -g \alpha_k, \quad (29)$$

где g - постоянный положительный коэффициент.

По аналогии с прототипом можно показать, что решение системы (27) совпадает с установившимся решением системы уравнений

$$[(4) - (12), (15) - (22), (24), (25), (28), (29)]. \quad (30)$$

Устройство функционирует следующим образом.

Из блока 2 телеизмерений на управляющие входы источников 15 тока поступают величины $P_{ГК}$, устанавливая величину тока этих источников

$$I_{ГК} = b P_{ГК}, \quad (31)$$

где b - известный коэффициент.

Аналогично из блока 3 задатчиков уставок на управляющие входы источников 22 и 23 тока, входящих в состав ограничителей 9 и 14 тока, поступают величины $P_{\Lambda i}^I$, $P_{\Lambda i}^{II}$, $P_{ГК}^I$, $P_{ГК}^{II}$, устанавливая величину тока этих источников соответственно

$$I_{\Lambda i}^I = b P_{\Lambda i}^I; \quad (32)$$

$$I_{\Lambda i}^{II} = b P_{\Lambda i}^{II}; \quad (33)$$

$$I_{ГК}^I = b P_{ГК}^I; \quad (34)$$

$$I_{ГК}^{II} = b P_{ГК}^{II}. \quad (35)$$

Рассмотрим работу ограничителя 9 тока, обозначив через $I_{\Lambda i}$, I_{R1i} , I_{R2i} , I_{D1i} , I_{D2i} соответственно токи, протекающие через ограничитель 9, резисторы 20 и 21, диоды 18 и 19 (положительным будем считать направление от резистора 20 к резистору 21).

Очевидно, что

$$\left. \begin{aligned} I_{\Lambda i} &= I_{R1i} + I_{D1i} + I_{\Lambda i}^I \\ I_{\Lambda i} &= I_{R2i} + I_{D2i} + I_{\Lambda i}^{II} \\ I_{D1i} &\geq 0 \\ I_{D2i} &\leq 0 \\ I_{R1i} &\leq 0 \\ I_{R2i} &\geq 0 \\ I_{R1i} I_{D1i} &= 0 \\ I_{R2i} I_{D2i} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{УК} &= I_{R1k} + I_{D1k} + I_{ГК}^I \\ I_{УК} &= I_{R2k} + I_{D1k} + I_{ГК}^{II} \\ I_{D1k} &\geq 0 \\ I_{D2k} &\leq 0 \\ I_{R1k} &\leq 0 \\ I_{R2k} &\leq 0 \\ I_{R1k} I_{D1k} &= 0 \\ I_{R2k} I_{D2k} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

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

Сравнивая (15) - (18) с (32) - (36), замечаем эквивалентность этих соотношений при

$$\left. \begin{aligned} I_{\Lambda i}^I &= b P_{\Lambda i}^* \\ Q_i^I &= b I_{D1i} \\ Q_i &= -b I_{R1i} \\ D_i^I &= -b I_{D2i} \\ D_i &= b I_{R2i} \end{aligned} \right\} \quad (38a)$$

Аналогично можно показать, что

$$\left. \begin{aligned} I_{УК} &= b P_{ГК}^* \\ L_k^I &= b I_{D1k} \\ L_k &= -b I_{R1k} \\ M_k^I &= -b I_{D2k} \\ M_k &= b I_{R2k} \end{aligned} \right\} \quad (38b)$$

Величины $P_{ГК}$ удовлетворяют соотношению (9). Отсюда и из (31) следует, что

$$\sum_{k=1}^n I_{ГК} = 0. \quad (39)$$

Напряжения U_k на интеграторах изменяются в зависимости от их токов

$$I_{Ик} \frac{dU_k}{dt} = -G_k I_{Ик}. \quad (40)$$

У интегратора 12-1, соответствующего базовому узлу, коэффициент $G_1 = 0$ и поэтому напряжение на нем $U_1 = 0$.

Напряжение 1_i на i -м источнике 10- i тока и напряжение Δ_i на i -м источнике 11- i тока подаются на входы i -го блока моделирования, который вырабатывает на своих выходах сигналы

$$x_i = a_i \sin \Delta_i; \quad (42)$$

$$y_i = a_i 1_i \cos \Delta_i; \quad (43)$$

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

$$I_{\Lambda i} = b x_i; \quad (44)$$

$$I_i = b y_i; \quad (45)$$

соответственно.

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

$$I_{Ик} = \sum_{k=1}^n \beta_{ki} I_i; \quad (46)$$

$$I_y = I_{ГК} + I_{ГК}^I; \quad (47)$$

$$I_{y_k} = \sum_{i=0}^p \beta_{ki} I_{\Lambda_i}; \quad (48)$$

$$\sum_{k=1}^n I_{y_k} = 0; \quad (49)$$

$$\Delta_i = \sum_{k=1}^n \beta_{ki} U_{ki}; \quad (50)$$

$$I_i = R_{2i} I_{R2i} - R_{1i} I_{R1i} + \sum_{k=1}^n \beta_{ki} (r_k I_{2k} + R_{2k} I_{R2k} - R_{1k} I_{R1k}) = 0, \quad (51)$$

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

Таким образом, при определенных токах $I_{Гк}$, $I'_{Гк}$, $I''_{Гк}$, I_{Λ_i} , I''_{Λ_i} , и фиксированных напряжениях U_k в электрической цепи устанавливаются токи I_i , $I_{ик}$, $I_{чк}$, $I_{уk}$, I_{Λ_i} , I_{R1i} , I_{R2i} , I_{R1k} , I_{R2k} , I_{D1i} , I_{D2i} , I_{D1k} , I_{D2k} и напряжения Δ_i , I_i , удовлетворяющие системе уравнений

$$[(36), (37), (39), (42) - (51)]. \quad (52)$$

В зависимости от значений токов $I_{ик}$ по (41) изменяются напряжения U_k , что в соответствии с системой уравнений (52) приводит к изменению токов $I_{ик}$ и т.д. Процесс продолжается до тех пор, пока токи $I_{ик} \neq 0$. При $I_{ик} = 0$ переходный процесс прекращается. В целом параметры устройства удовлетворяют системе уравнений

$$[(36), (37), (39) - (51)]. \quad (53)$$

Системы уравнений (53) и (30) совпадают с точностью до обозначений.

Поэтому, если положить, что

$$R_{1i} = 2q_i/b^2;$$

$$R_{2i} = 2d_i/b^2;$$

$$R_{1k} = 2l_k/b^2;$$

$$R_{2k} = 2m_k/b^2;$$

$$r_k = 2h_k/b^2,$$

$$\text{то } I_{чк} = b^2 U_k.$$

Таким образом, при прекращении переходного процесса токи $I_{чк}$ усилителей 16 становятся пропорциональными искомым управляющим воздействиям U_k , т.е. сигналы на выходах этих усилителей оказываются пропорциональными управлениям U_k . Эти сигналы подаются на входы блока 6 корректирующих фильтров. Блок 6 выбирается известным в технике автоматического регулирования образом из соображений обеспечения необходимого качества динамического процесса регулирования

(устойчивости, быстродействия, величины перерегулирования).

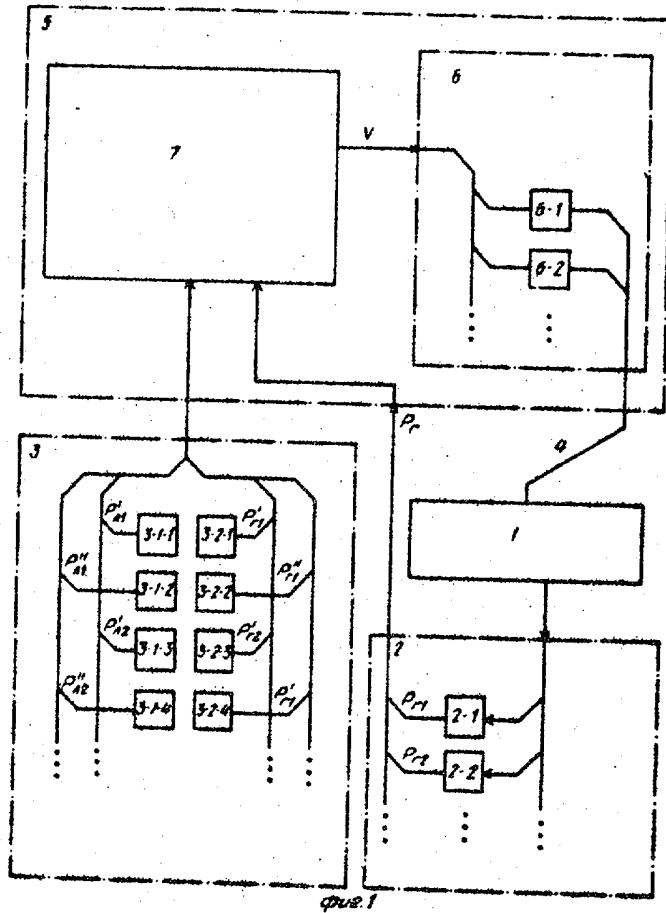
Сигналы с выхода блока 6 корректирующих фильтров поступают через канал 4 в энергосистему 1 для изменения мощности регулируемых объектов. В результате этого меняются текущие значения регулируемых параметров энергосистемы. После следующего цикла измерения соответствующие теле-сигналы вновь подаются на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

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

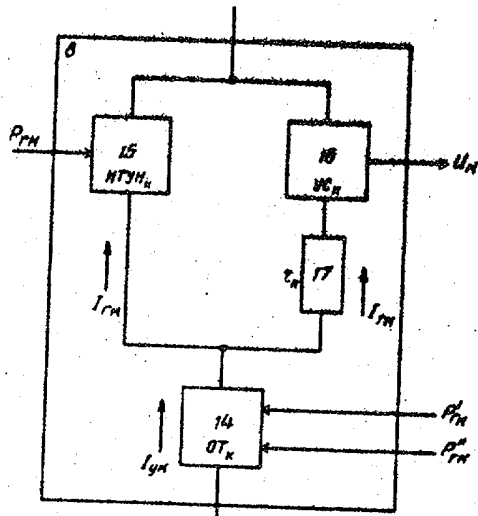
Устройство автоматического регулирования перетоков активной мощности в энергосистеме, содержащее блок телеизмерения регулируемых параметров, состоящий из датчиков генерируемых мощностей, вход которого соединен с энергосистемой, а выход объединяет выходы датчиков генерируемых мощностей, блок задатчиков уставок, выход которого объединяет выходы задатчиков уставок по перетокам мощности и по генерируемым мощностям, и управляющий блок, связанный своим выходом через канал управления мощностью регулирующих 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, первой и второй групп управляемых источников тока, количество которых в каждой группе равно количеству имитаторов линий электропередач, интеграторов, количество которых равно количеству имитаторов узлов энергосистемы, и блоков моделирования зависимости перетоков активной мощности по линии электропередач от разности фаз узловых напряжений, количество которых равно количеству имитаторов линии электропередач, каждый имитатор линии 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, 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 концов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы, последовательно с каждым имитатором линии электропередач включен один из управляемых источников тока первой группы, управляемые источники тока второй группы и интеграторы соединены между собой аналогично соединению концов имитируемых линий электропередач с имитируемыми узлами энергосистемы, причем каждая пара управляемых источников тока, в которой один из них принадлежит первой группе, другой принадлежит 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,

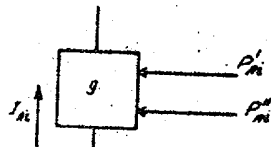
каждый имитатор узла энергосистемы содержит усилитель, резистор и управляемый источник тока, причем последний включен параллельно соединенным последовательно усилителю и резистору, а его управляющий вход является входом имитатора узла энергосистемы, отличающееся тем, что, с целью повышения экономичности и надежности энергоснабжения, каждый имитатор линии электропередач выполнен в виде включенного между его функциональными входами ограничителя тока с двумя управляющими входами, каждый имитатор узла энергосистемы дополнительно содержит ограничитель тока с двумя управляющими входами, причем этот ограничитель включен последовательно с управляемым источником тока между функциональными входами этого имитатора, каждый ограничитель тока содержит два управляемых источника тока, управляющий вход каждого из которых является управляющим входом ограничителя 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, причем управляющие входы ограничителей тока имитатора линий электропередач подключены к выходам задатчиков уставок по перетокам мощности, а управляющие входы ограничителей тока имитатора узла энергосистемы подключены к выходам задатчиков уставок по генерируемым мощностям.



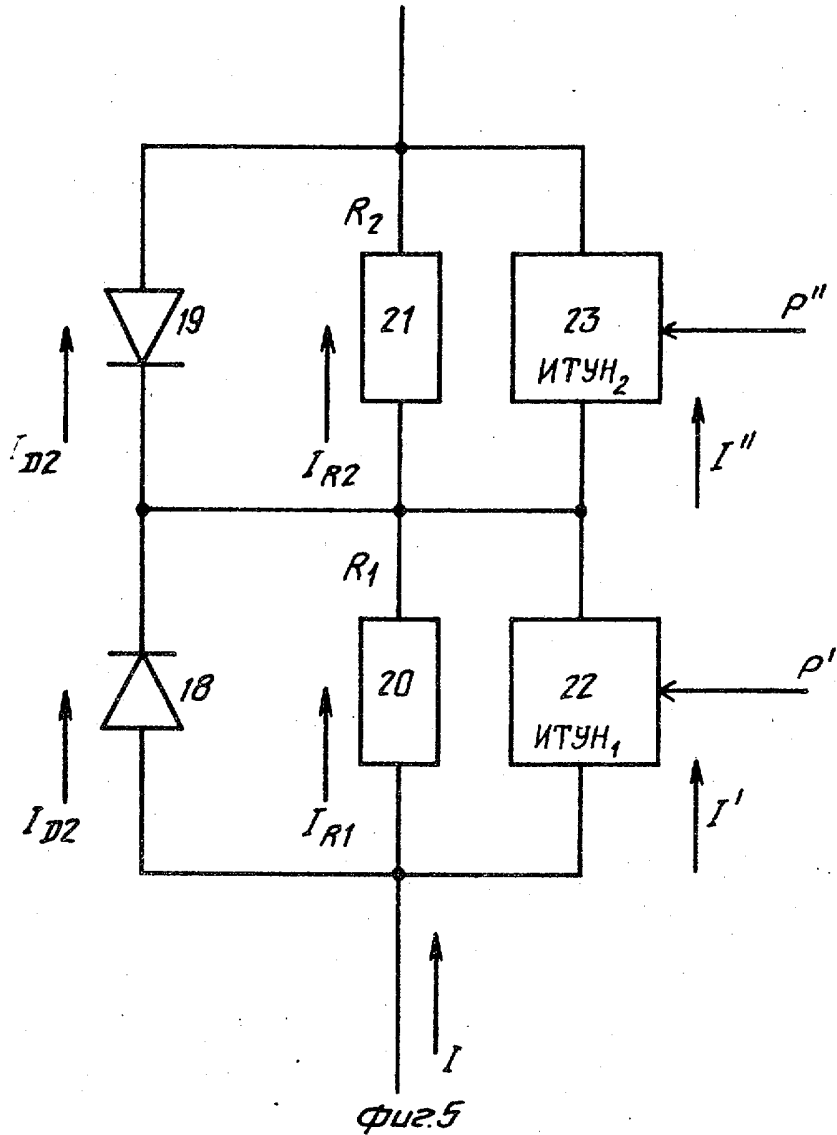
Фиг. 1



Фиг. 3



Фиг. 4



Редактор Е.Копча

Составитель К.Фотина
Техред Л.Сердюкова

Корректор О.Кравцова

Заказ 2874/48

Тираж 650

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