(19) **RU** (11) **2 126 580** (13) **C1**

(51) МПК[6] **H 02 J 3/18**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 94030241/09, 18.08.1994

(30) Приоритет: 19.08.1993 DE P 4327894.9

(46) Дата публикации: 20.02.1999

(56) Ссылки: US 5155740 A, 13.10.92. SU 603973 A, 25.04.78. SU 610235 A, 05.06.78.

(98) Адрес для переписки:
103735 Москва, ул.Ильинка 5/2, Союзпатент патентному поверенному Дудушкину С.В.

(71) Заявитель:
Асеа Браун Бовери АГ (CH)

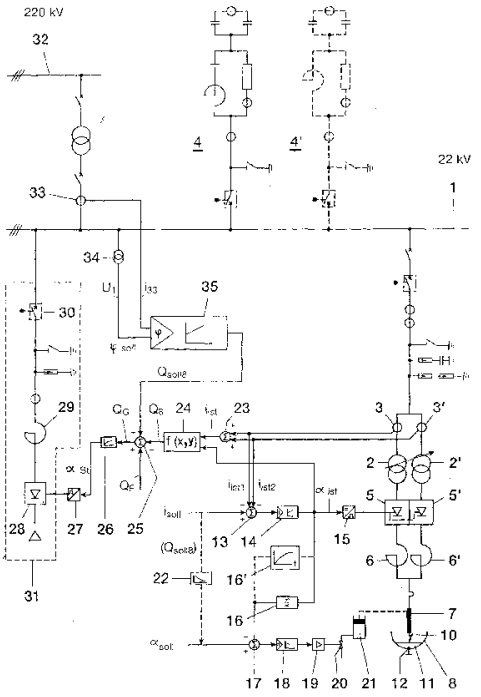
(72) Изобретатель: **Ханспетер Аебишер (CH), Рогер Матис (CH)**

(73) Патентообладатель:
Асеа Браун Бовери АГ (CH)

(54) СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТИ ОТ КОЛЕБАНИЙ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКИ

(57) Реферат:

Дуговая печь постоянного тока создает при эксплуатации нежелательные колебания реактивной мощности, компенсируемые посредством компенсатора. Задатчиком переменного тока компенсатора управляют в зависимости от сигнала (α_{ist}) стабилизации угла зажигания, посредством функционального датчика в зависимости от сигнала (Q_{SG115}) заданной реактивной мощности, сигнала (Q_S) фактического значения реактивной мощности дуговой печи и сигнала (Q_r) реактивной мощности фильтра, соответствующего реактивной мощности фильтрующих ветвей. Сигнал (Q_{SG115}) заданной реактивной мощности в зависимости от общей силы тока (i_{33}), которая помимо фактического значения (i_{ist}) тока дуговой печи включает в себя также ток фильтрующих ветвей и ток возможных вспомогательных устройств. При этом лучше компенсируются колебания реактивной мощности нагрузки. 2 с. и 2 з.п.ф-лы, 3 ил.



Фиг.1

RU 2126580 C1

RU 2126580 C1

(19) **RU** (11) **2 126 580** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **H 02 J 3/18**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 94030241/09, 18.08.1994

(30) Priority: 19.08.1993 DE P 4327894.9

(46) Date of publication: 20.02.1999

(98) Mail address:
103735 Moskva, ul.Il'inka 5/2, Sojuzpatent patentnomu poverennomu Dudushkinu S.V.

(71) Applicant:
Asea Braun Boveri AG (CH)

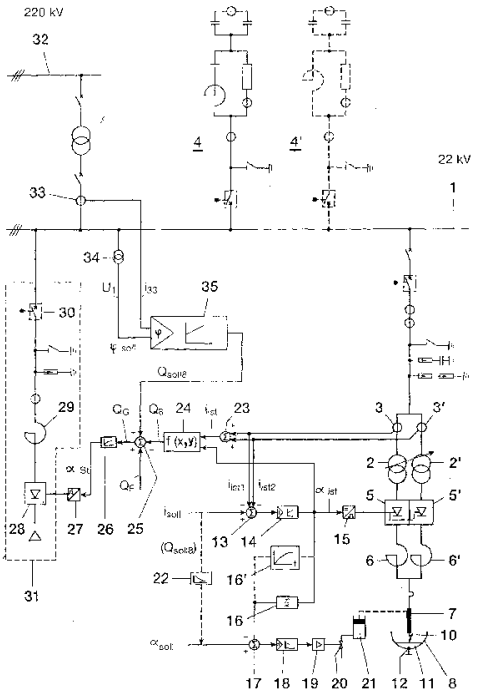
(72) Inventor: Khanspeter Aebisher (CH), Roger Matis (CH)

(73) Proprietor:
Asea Braun Boveri AG (CH)

(54) METHOD FOR CONTROLLING REACTIVE POWER FLUCTUATIONS IN ELECTRIC CIRCUITS AND REACTIVE- POWER COMPENSATOR IMPLEMENTING IT

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering. SUBSTANCE: DC arc furnace builds up unwanted reactive-power fluctuations during its operation which are corrected by means of compensator. Its ac current setting element is controlled depending on ignition angle stabilization signal $\alpha\omega t$ controlled by functional transducer depending on desired reactive power signal $\langle Q_{sG_{II}5} \rangle$, furnace actual reactive power signal (Q_s), and filter reactive power signal (Q_r) corresponding to reactive power of filtering circuits. Desired reactive power signal $\langle Q_{sG_{II}5} \rangle$ depends on total current (i_{33}) which includes, apart from actual arc-furnace current (i_{ist}), also current of filtering circuits and current of probable auxiliary devices. EFFECT: improved compensation of reactive power of load. 4 cl, 3 dwg



Фиг.1

RU 2126580 C1

RU 2126580 C1

Изобретение относится к способу стабилизации устройства электропитания или электросети от колебаний реактивной нагрузки, по меньшей мере одного электрического устройства или установки с изменяющейся реактивной нагрузкой в соответствии с ограничительной частью п.1 формулы изобретения и к устройству для компенсации реактивной мощности в соответствии с ограничительной частью п.6 формулы изобретения.

В соответствии с указанными в ограничительных частях пп.1, 6 формулы изобретения известный уровень техники может быть охарактеризован на примере патента США N 5155740. В нем описано устройство для компенсации флуктуаций для дуговых электропечей постоянного тока, у которого регулирование реактивной мощности происходит только в зависимости от продектированной реактивной мощности дуговой электропечи.

При такой компенсации не учитываются токи в фильтрующих ветвях и вспомогательных устройствах. При небольших токах электрода реактивная мощность печи может стать слишком малой. Вместе с жестко встроенными конденсаторными батареями это приводит к перекомпенсации, что часто бывает неприемлемым для потребителей сети.

Из публикации N CH-1T 123090 D, "Компенсационные установки для промышленности" швейцарской фирмы Асеа Браун Бовери АГ, декабрь 1983 г., стр. 1-12, известно управление изменениями реактивной нагрузки, возникающими при эксплуатации дуговых электропечей, посредством трехфазного реактора из трех дроссельных катушек без сердечника через тиристорный задатчик переменного тока индивидуально для каждой фазы. Управление происходит в зависимости от напряжения сети, фактического значения тока дуговой электропечи и компенсационной установки, а также от заданного значения тока реактора. Параллельно реактору включены конденсаторы, которые своими сериесными дросселями и при необходимости демпфирующими реакторами действуют как источник реактивной мощности и одновременно как фильтр для отсоса гармоник тока разного порядка. Изменяющаяся реактивная нагрузка реактора и потребителей суммируются при этом таким образом, что сумма обеих реактивных нагрузок постоянна и вместе с постоянной емкостной реактивной мощностью конденсаторных групп дает нужное значение $\cos\varphi$.

За счет измерения и анализа управляющих или регулирующих величин возникает относительно длительное среднее время запаздывания системы 5 мс.

Из европейской заявки N 0489239 известно управление дуговой печью с питанием постоянным током при помощи двух регулирующих контуров. Регулятор тока обеспечивает ток постоянной величины в соответствии с установленным заданным значением тока. Регулирующий контур электрода влияет на его положение и тем самым на длину дуги. При увеличении длины дуги регулятор тока должен повышать напряжение или управлять выпрямителем так, чтобы ток оставался постоянной величиной. Однако это возможно, пока имеется резерв напряжения. Регулирование электрода происходит посредством адаптируемого регулятора постоянного напряжения. Фактическим значением постоянного напряжения служит напряжение дуги, подаваемое через демпфирующее звено к компаратору или сумматору. Заданное значение постоянного напряжения необходимо рассчитывать каждый раз с учетом ступени напряжения трансформатора и тока электрода для каждой рабочей точки. Сначала в соответствии со ступенью преобразовательного трансформатора, а тем самым с возможным размахом напряжения преобразователя тока заданное значение ограничивают посредством ограничителя таким образом, что преобразователь тока работает в установившемся режиме ниже предельного положения выпрямителя, максимум вплотную к этому положению. Заданное значение подают в сглаженном виде к сумматору с тем, чтобы при скачках заданного значения постоянного напряжения воспрепятствовать перерегулированию фактического значения, что вызвало бы обрыв дуги. О компенсации колебаний реактивной мощности в заявке ничего не сказано.

Изобретение, определенное пп.1 и 6 формулы, решает задачу усовершенствования способа и устройства для компенсации реактивной мощности с целью стабилизации устройства электропитания или электросети от колебаний реактивной нагрузки, по меньшей мере одного электрического устройства или установки с изменяющейся реактивной нагрузкой упомянутого выше рода таким образом, чтобы лучше компенсировать колебания реактивной нагрузки.

Преимущество изобретения состоит в том, что за счет определения суммарного тока для компенсации колебаний реактивной мощности реактивные мощности всех нагрузок, связанных с компенсируемой установкой, компенсируются относительно быстро. Возникает постоянная индуктивная реактивная мощность для всей установки, которую можно компенсировать постоянно установленными или включенными конденсаторными батареями или фильтрами гармоник. С помощью этого регулирования колебаний реактивной нагрузки установку с изменяющейся реактивной нагрузкой можно присоединить даже к весьма слаботочной электросети. Установки мощностью свыше 50 МВт можно таким образом присоединять к электросетям, мощность короткого замыкания которых, по меньшей мере, равна 10-кратной мощности установки.

Изобретение поясняется ниже с помощью примера его осуществления, иллюстрируемого чертежами, на которых показано следующее:

фиг.1 - дуговая печь постоянного тока с контуром регулирования тока, контуром регулирования электрода и контуром регулирования реактивной мощности;

фиг. 2 - характеристики для определения активной и реактивной мощностей дуговой печи в зависимости от сигнала фактического значения угла зажигания и сигнала фактического значения тока дуговой печи согласно фиг.1;

RU 2126580 C1

RU 2126580 C1

фиг.3 - характеристика для определения угла зажигания для контура регулирования реактивной мощности в зависимости от общей реактивной мощности установки с дуговой печью согласно фиг.1.

На фиг. 1 изображена дуговая печь 8 с электродом или катодом 7, которая через два реактора или дроссельные катушки 6, 6', последовательно включенные в параллельных ветвях с выпрямителем 5, 5', трансформатором 2, 2' печи с несколькими ступенями переключения и преобразователем тока 3, 3', присоединена к сети 1 переменного тока с переменным напряжением 22 кВ. Расположенный в зоне пода дуговой печи 8 второй электрод или анод 12 соединен с положительным полюсом выпрямителя 5 (не показано). Между нижним концом катода 7 и расплавляемым материалом или скрапом (не показан) и поверхностью расплава или плавильной ванны 11 горит дуга 10.

Посредством преобразователей тока 3, 3' в подающих линиях переменного тока к выпрямителям 5, 5' сигналы фактических значений частичных токов i_{ist1}, i_{ist2} детектируют и подают к неинвертирующим входам сумматора 23 и двум инвертирующим входам компаратора или сумматора 13. К одному неинвертирующему входу этого сумматора 13, например, от потенциометра (не показан) подают задаваемый сигнал заданного значения тока i_{soll}.

Выход сумматора 13 соединен с регулятором тока 14 с пропорционально-интегральной характеристикой, который в соответствии с углом зажигания подает выходной сигнал α_{ist} управляющей величины к импульсному преобразователю зажигания 15, выход которого управляет выпрямителями 5, 5'.

Сигнал α_{ist} управляющей величины для выпрямителей через демпфирующее звено 16' или полосовой фильтр 16 для согласования сигналов, контроля предельного значения и отфильтровывания нежелательных частот поступает на инвертирующий вход сумматора 17, на неинвертирующий вход которого поступает задаваемый сигнал α_{soll} задающей величины для регулятора электрода в соответствии с заданным значением угла зажигания в пределах 15 - 50°, предпочтительно 25 - 35°. Выход сумматора 17 соединен с регулятором 18 электрода с пропорциональной характеристикой, выходной сигнал которого через вентильный усилитель 19 воздействует на вентиль 20 устройства 21 для перемещения электрода. Это устройство 21, например гидравлический насос с механизмом перемещения и регулятором скорости электрода, механически связано с катодом 7 и обеспечивает его перемещение по высоте; оно действует как звено задержки 1-го порядка.

Устройство регулирования электрода работает приблизительно в 10 раз медленнее устройства регулирования тока. Перемещение катода 7 по высоте происходит так, что выпрямитель 5 работает в среднем с модуляцией, например, 25 эл. град. независимо от вторичного напряжения трансформатора 2 печи и от установленного значения тока i_{soll}. Для простоты, значения и соответствующие им сигналы обозначены одинаково.

Отфильтровываемые полосовым фильтром 16 частоты составляют 0,5 - 20 Гц.

Посредством регулирования до постоянной модуляции на выпрямителе 5 обеспечивается достижение постоянного среднего коэффициента мощности в питающей сети 1 переменного тока. Мощность в рабочей точке очень просто определяется выбором ступени напряжения трансформатора 2 печи и заданием постоянного тока.

Если с одной ступенью напряжения трансформатора 2 печи хотят достичь разных рабочих точек или изменяющейся мощности, то соответственно задают значение i_{soll} тока. Однако при уменьшенном токе и все еще постоянной модуляции на выпрямителе 5 получают меньшую мощность. Вследствие меньших потерь напряжения в сети 1 переменного тока длина дуга 10, однако, увеличивается. Процесс в печи требует при меньшей мощности также более короткую дугу 10. Для достижения этого можно при изменении заданного значения i_{soll} тока одновременно задать и соответствующее новое значение для модуляции выпрямителя 5. Для этой цели предусмотрен более подробно описанный в заявке N 0498239 функциональный датчик 22, который в зависимости от заданного значения i_{soll} тока подает сигнал α_{soll} задающей величины для регулятора электрода, как это показано на фиг.1 штриховой линией. Таким образом можно также увеличить диапазон мощности.

Для компенсации изменяющейся реактивной мощности дуговой печи 8 предусмотрен трехфазный компенсатор 31, который на каждую фазу переменного тока содержит задатчик 28 переменного тока, включенный последовательно с дроссельной катушкой 29, и выключателем 30, соединенным с сетью 1 переменного тока. Три задатчика 28 переменного тока соединены между собой в треугольник, и управление каждым из них происходит от импульсного преобразователя зажигания 27.

Сеть 1 переменного тока через преобразователь тока 33 с отводом от него общей силы тока i_{33} всей установки со вспомогательными потребителями (не показаны) и фильтрующими ветвями 4, 4' для емкостной реактивной мощности, далее через высоковольтный трансформатор и два выключателя присоединена к трехфазной высоковольтной сети 32 с переменным напряжением 220 кВ. Общая сила тока i_{33}, продетектированная детектором 34 напряжение U_i сети 1 переменного тока, и задаваемый фазовый угол α_{soll} подаются на вход регулятора 35 фазового угла, с выхода которого на инвертирующий вход сумматора 25 поступает сигнал Q_{soll5} заданной реактивной мощности для дуговой печи 8. На другой инвертирующий вход сумматора 25 поступает сигнал Q_8 фактического значения реактивной мощности с выхода функционального датчика 24, на вход которого от сумматора 23 поступает сигнал i_{ist} фактического значения тока, причем

RU 2126580 C1

RU 2126580 C1

$i_{ist} = i_{ist1} + i_{ist2}$, а с выхода регулятора тока 14 - сигнал управляющей величины α_{ist} для выпрямителей. На один неинвертирующий вход сумматора 25 поступает сигнал Q_F реактивной мощности фильтра, соответствующий постоянной емкостной реактивной мощности фильтрующих ветвей 4, 4'. На выходе сумматора 25 формируется сигнал Q_G общей реактивной мощности, соответствующий $Q_G = Q_F - Q_8 - Q_{soll8}$, поступающий к функциональному датчику 26, с выхода которого на импульсный преобразователь зажигания 27 подается стабилизирующий сигнал α_{st} угла зажигания.

На фиг. 2 изображено поле характеристик функции, реализованной посредством функционального датчика 24:

$Q_8 = K_1 i_{ist}[1-(\cos\alpha_{ist}-K_2 i_{ist})^2]^{0,5}$, где K_1 и K_2 - специфические для данной установки коэффициенты с $0,1 \le K_1 \le 1$, предпочтительно с $0,3 \le K_1 \le 0,6$ и $0,7 \cdot 10^{-3} \le K_2 \le 1,3 \cdot 10^{-3}$, предпочтительно $0,9 \cdot 10^{-3} \le K_2 \le 1,1 \cdot 10^{-3}$. При этом сигнал α_{ist} управляющей величины для выпрямителей указан в градусах, сигнал i_{ist} фактического значения тока - в кА, активная мощность P по оси ординат - в МВт, а реактивная мощность Q по оси абсцисс - в МВар. Для значения активной мощности P в 50 МВт и сигнала α_{ist} управляющей величины для выпрямителей в 35 ° реактивная мощность Q_8 составляет, например, 46 МВар.

На фиг.3 изображена характеристика 36 функции, реализованной посредством функционального датчика 26: $Q_G \approx \overset{\circ}{\alpha_{\sigma\tau}}/90° - 2 - (\sin 2 \cdot \alpha_{st})/\pi$, где α_{st} нанесено в градусах по оси ординат, Q_G в % - по оси абсцисс. На практике идеальная кривая 36 может быть аппроксимирована изображенными штриховой линией сегментами 37 и использована для определения значения стабилизирующего угла зажигания α_{st}.

Описанный пример относится к установке с активной мощностью P 60 МВт при постоянном токе 100 кА и установленной реактивной или компенсационной мощностью 30 Мвар. Установка рассчитана так, что при 100 кА и модуляции выпрямителей 5, 5' сигналом α_{ist} управляющей величины 35 ° в питающей сети 1 переменного тока возникает коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,9$.

Формула изобретения:

1. Способ стабилизации устройства электропитания или электросети от колебаний реактивной нагрузки по меньшей мере одной электрической установки с изменяющейся реактивной нагрузкой, силу тока i_{ist} которой регулируют посредством сигнала α_{ist} управляющей величины до заданного значения тока I_{soll} или заданного значения Q_{soll_8} реактивной мощности, отличающийся тем, что колебания реактивной мощности компенсируют путем подачи сигнала α_{st} стабилизации угла зажигания на по меньшей мере один задатчик переменного тока компенсатора реактивной мощности, при этом сигнал α_{st} формируют согласно уравнению

$\theta_G \approx \overset{\circ}{\alpha_{\sigma\tau}}/90° - 2 - (\sin 2\alpha_{st})/\pi$,

где θ_G - сигнал общей реактивной мощности, определяемый уравнением

$$\theta_G = \theta_F - \theta_8 - \theta_{soll_8},$$

где θ_F - реактивная мощность фильтрующих ветвей, θ_8 - сигнал фактического значения реактивной мощности по меньшей мере одной электрической установки, сформированный согласно уравнению

$Q_8 = K_1 i_{ist}[1-(\cos\alpha_{ist}-K_2 i_{ist})^2]^{0,5}$,

где $0,1 \le K_1 \le 1$; $0,7 \cdot 10^{-3} \le K_2 \le 1,3 \cdot 10^{-3}$,

при этом θ_{soll_8} - сигнал заданной реактивной мощности, представляет собой регулирующий сигнал, сформированный в зависимости от напряжения питающей сети, в зависимости от общей силы тока, включающего в себя ток по меньшей мере одной электрической установки и ток по меньшей мере одной фильтрующей ветви, и от задаваемого фазового угла α_{soll}.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что K_1 и K_2 выбирают из диапазона $0,3 \le K_1 \le 0,6$; $0,9 \cdot 10^{-3} \le K_2 \le 1,1 \cdot 10^{-3}$.

3. Устройство для компенсации реактивной мощности, содержащее по меньшей мере одну установку с изменяющейся реактивной мощностью, по меньшей мере одну фильтрующую ветвь с емкостной реактивной мощностью, по меньшей мере один компенсатор реактивной мощности с по меньшей мере один задатчиком переменного тока, регулятор фазового угла, вход которого соединен с по меньшей мере одним преобразователем тока для определения общей силы тока, отличающееся тем, что с выхода регулятора фазового угла на инвертирующий вход сумматора поступает сигнал заданного значения реактивной мощности θ_{soll_8}, на другой инвертирующий вход сумматора поступает сигнал Q_8 фактического значения реактивной мощности с выхода второго функционального датчика, на вход которого поступает сигнал значения силы тока i_{ist} установки с изменяющейся реактивной мощностью и сигнал α_{ist} управляющей величины с выхода регулятора тока i_{ist}, на неинвертирующий вход сумматора подают сигнал Q_F реактивной мощности фильтрующей ветви, сигнал Q_G общей реактивной мощности с выхода сумматора поступает на вход первого функционального датчика, с выхода которого подается сигнал стабилизации угла зажигания α_{st} для управления задатчиком переменного тока компенсатора реактивной мощности, при этом

α_{st} определяется согласно уравнению

$Q_G = \alpha_{st}/90° - 2 - (\sin 2\alpha_{st})/\pi$,

Q_8 определяется согласно уравнению

$Q_8 = K_1 i_{ist}[1-\cos\alpha_{ist}-K_2 i_{ist})^2]^{0,5}$,

где $0,1 \le K_1 \le 1$;

$0,7 \cdot 10^{-3} \le K_2 \le 1,3 \cdot 10^{-3}$.

4. Устройство по п.3, отличающееся тем, что K_1 и K_2 выбираются из диапазонов:

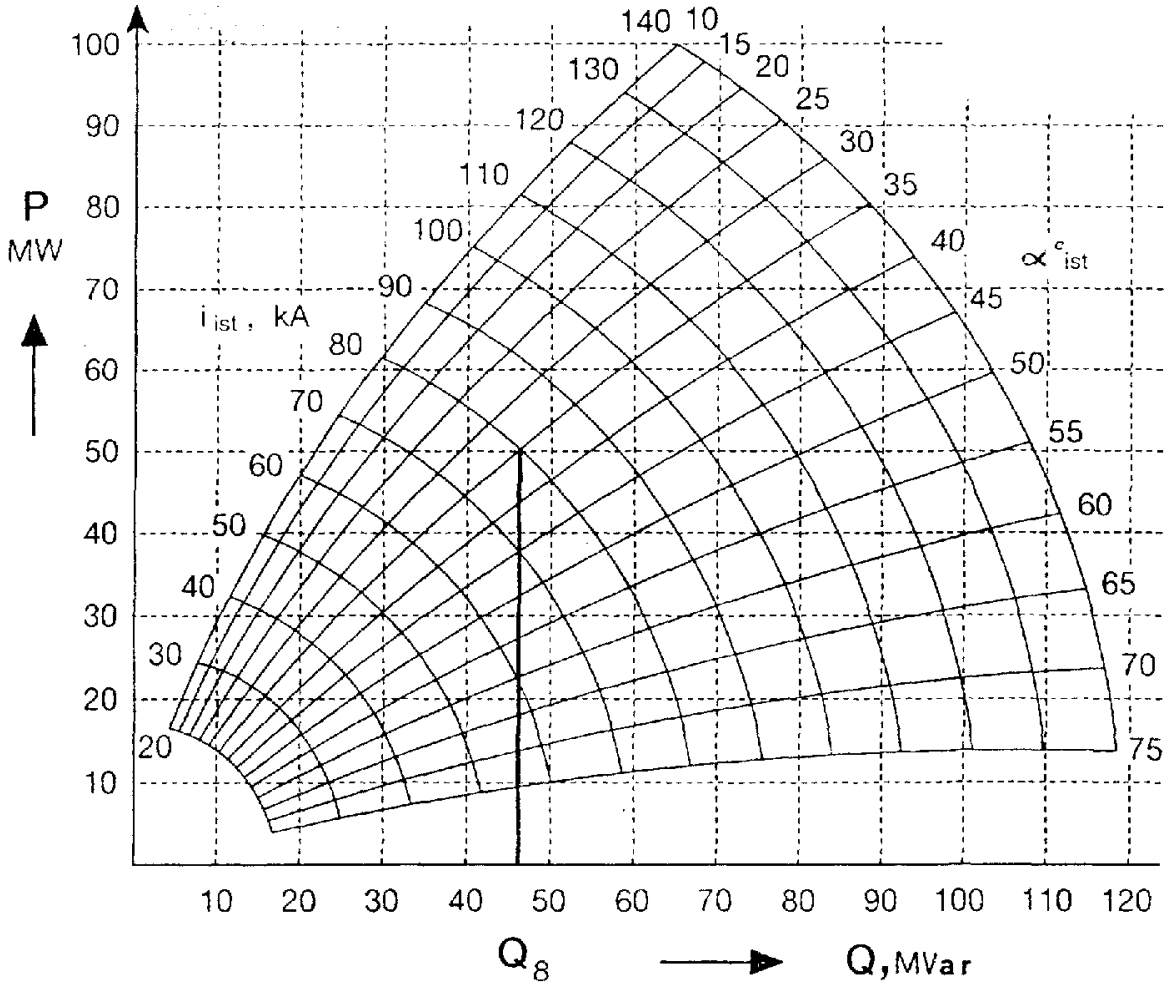
RU 2126580 C1

RU 2126580 C1

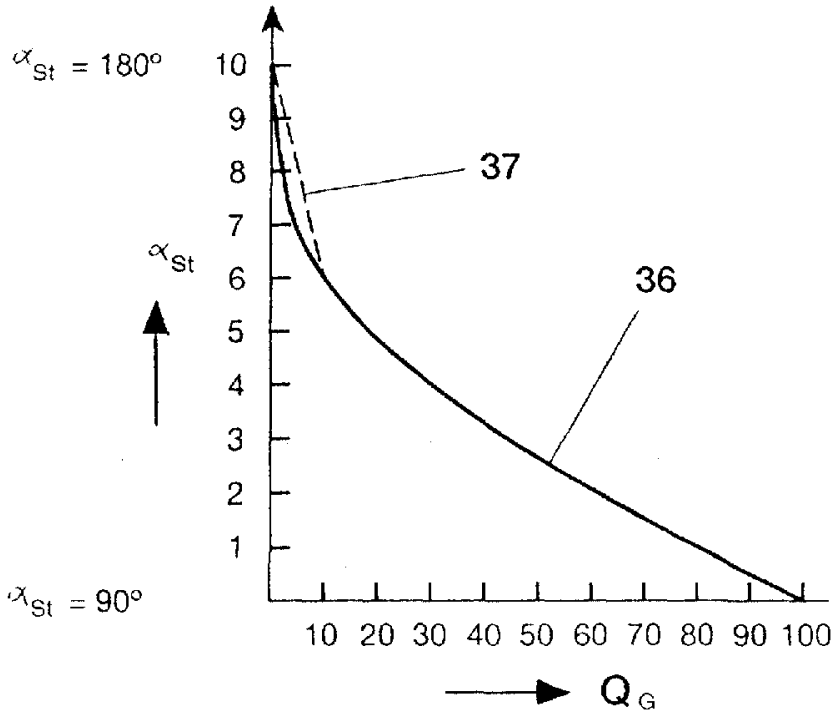
$0,3 \leq K_1 \leq 0,6$; $0,9 \bullet 10^{-3} \leq K_2 \leq 1,1 \bullet 10^{-3}$.

RU 2126580 C1

RU 2126580 C1



Фиг.2



Фиг.3

RU 2126580 C1

RU 2126580 C1