



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 671890

В П Т Б
ФОНД ЭКСПЕРТОВ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 29.11.76 (21)2430161/22-02

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 05.07.79. Бюллетень № 25

Дата опубликования описания 10.07.79

(51) М. Кл.³
В 21 В 37/00

(53) УДК 621.771.
.2.0.68(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Р. Г. Мугалимов, Л. П. Смольников, Н. И. Клецкий
и О. У. Флейшман

(71) Заявители

Минский радиотехнический институт и Магнитогорский
металлургический комбинат имени В. И. Ленина

(54) УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ОБЖИМНОГО РЕВЕРСИВНОГО ПРОКАТНОГО СТАНА

1

Изобретение относится к устройству управления электроприводом и может применяться для управления мощными приводами, работающими с высокой частотой включений и резкими приложениями нагрузок. В частности, устройство предназначено для управления главными электроприводами обжимных реверсивных станов.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является устройство, содержащее задатчик интенсивности с переключателем и регулятором интенсивности, контур подчиненного регулирования с источником опорного напряжения узла токоограничения, датчики скорости, тока и устройства торможения станом [1].

Однако известное устройство не исключает местные перегревы обмотки якоря главного электропривода, обусловленные частыми статическими и динамическими перегрузками. Это ускоряет процесс старения изоляции и снижает срок службы электрической машины.

2

Кроме указанного, известное устройство управления не регулирует эквивалентный (среднеквадратичный) ток электроприводов. Производительность прокатного стана и загрузка его электропривода по теплу при заданном режиме обжатий определяется исключительно оператором и особенно тем, какое соотношение между машинным временем и суммарной продолжительностью пауз за цикл прокатки он обеспечит. Отклонение этого соотношения от оптимального в одном случае ведет к перегреву электропривода, что недопустимо, а в другом - к недоиспользованию по теплу и снижению степени использования прокатных двигателей, что явно нежелательно.

Целью изобретения является исключение местных перегревов обмотки якоря электропривода, снижение скорости старения ее изоляции и обеспечение оптимального соотношения между машинным временем прокатки и суммарной продолжительностью пауз для заданного уровня эквивалентного значения тока электропривода.

Для достижения этой цели устройство управления, содержащее задатчик интенсивности с переключателем и регулятором интенсивности, устройство подчиненного регулирования с источником опорного напряжения узла токоограничения, датчики скорости и тока, а также устройство торможения станом, дополнительно снабжено контурами регулирования эквивалентного тока и скорости старения изоляции электропривода. Выходной сигнал контура регулирования скорости старения изоляции, являющийся функцией мгновенной температуры обмотки якоря, путем воздействия на токоограничение обеспечивает оптимальный коэффициент перегрузки электропривода. При этом исключаются местные перегревы обмотки якоря электрической машины и тем самым повышается надежность последней. Выходной сигнал контура регулирования эквивалентного тока, являющийся функцией приращения эквивалентного тока, автоматически, например от цикла к циклу прокатки, устанавливает ускорение (температуру) реверсирования электропривода, а следовательно, определяет суммарную за цикл продолжительность пауз. В результате этого для заданного значения эквивалентного тока из условия максимальной производительности система обеспечивает оптимальное соотношение между машинным временем прокатки и суммарной продолжительностью пауз.

На фиг. 1 изображена блок-схема предложенного устройства; на фиг. 2 - тахограмма рабочих валков; на фиг. 3 - зависимость вход-выход функционального преобразователя.

Устройство включает прокатный электродвигатель 1, генератор 2, рабочие валки 3 и 4, обрабатываемый материал 5, возбудители 6 и 7, устройство 8 подчиненного регулирования с источником опорного напряжения узла токоограничения, задатчик 9 интенсивности с переключателем и регулятором интенсивности, датчик 10 скорости, датчик 11 тока, датчик 12 напряжения, задающее устройство 13, ручное программно-задающее устройство 14, фотоэлектрические концевые выключатели 15-18, датчик 19 угла поворота якоря двигателя, блок 20, регистрирующий положение конца прокатываемого материала, фазовый дискриминатор 21, релейный усилитель 22, переключатель 23, датчик 24 квадрата тока якоря, датчик 25 квадрата скорости вращения якоря, датчик 26 температуры охлаждения среды, многополюсник 27, компаратор 28, решающий блок

29, функциональный преобразователь 30, измеритель 31 эквивалентного тока.

Прокатный двигатель 1 связан электрически с генератором 2 и механически с рабочим валком 3 прокатного стана. В валках 3 и 4 деформируется обрабатываемый материал (раскат) 5. Обмотки возбуждения генератора и двигателя подключены соответственно к выходам возбудителей 6 и 7. Управляющими сигналами для возбудителей являются выходные напряжения устройства 8 подчиненного регулирования.

Устройство 8 содержит контуры регулирования скорости, тока, напряжения, деления нагрузок между приводами верхнего и нижнего рабочих валков, узел токоограничения, а также может включать контур регулирования устойчивости технологического процесса. Узел токоограничения имеет регулируемый источник опорного напряжения. Электропривод и система управления верхнего рабочего валка 4 прокатного стана на блок-схеме не изображены.

Входными сигналами для устройства 8 подчиненного регулирования служат выходы задатчика 9 интенсивности, датчика 10 скорости, датчика 11 тока и датчика 12 напряжения. Задатчик 9 интенсивности снабжен переключающим устройством и регулятором интенсивности. К входу задатчика интенсивности присоединены ручное задающее устройство 13 и программно-задающее устройство 14.

Фотоэлектрические концевые выключатели 15 - 18, датчик 19 угла поворота, блок 20, фазовый дискриминатор 21 и релейный усилитель 22 с переключателем 23 образуют устройство торможения станом. Это устройство обеспечивает оптимальный процесс торможения электропривода с использованием работы прокатки. При этом прокатываемый материал 5 выходит из зоны деформации с определенной скоростью, значение которой сможет задаваться оператором или устройством 14.

Блок 20 вырабатывает электрический сигнал, изменяющийся по фазе и амплитуде, соответствующий положению конца прокатываемого материала на интервале пути, отмеченном на чертежах через P_n . Фазовый дискриминатор 21 преобразует выходное напряжение блока 20 в постоянное напряжение, полярность которого изменяется вместе с фазой входного напряжения. Его выходной сигнал U_1 сравнивается с сигналом U_2 , а результирующий сигнал U_3 является задающим для устройст-

ва подчиненного регулирования 8 на период торможения стана до выброса прокатываемого материала 5 из валков 3 и 4.

Датчик 24 квадрата тока якоря, датчик 25 квадрата скорости вращения якоря, датчик 26 температуры охлаждающей электродвигатель среды, многополюсник 27, компаратор 28 и решающий блок 29 образуют контур регулирования скоростью старения изоляции якоря двигателя.

Многополюсник 27 с пятью входами и одним выходом моделирует пиковое значение температуры обмотки якоря. К входам многополюсника 27 присоединены выходы датчиков 10 скорости, тока 11, квадрата тока 24, квадрата скорости 25, и температуры 26, а на входы компаратора 28 (сравнивающего устройства) поданы сигналы, пропорциональные соответственно нормированной температуре U_4 окружающей среды, допустимой температуре U_5 изоляции обмотки и скорости старения U_6 изоляции. На другие входы компаратора 28 подключены выходы датчика 26, многополюсника 27 и решающего блока 29. Этим выходам соответствуют сигналы U_7 , U_8 , U_6 .

В компараторе 28 сигналы контура регулирования скоростью старения изоляции сравниваются в соответствии с равенствами:

$$U_9 = U_4 - U_7; \quad U_{10} = U_9 - U_5$$

$$U_{11} = U_{10} - U_8; \quad U_{12} = U_{11} - U_6$$

Таким образом, выход многополюсника 27 через компаратор 28 связан с входом решающего блока 29.

Решающий блок 20 реализует показательную функцию и на выходе формирует электрический сигнал U_6 , соответствующий скорости старения изоляции якоря электродвигателя. Выход решающего блока 29 через компаратор 28 связан с входом регулируемого источника опорного напряжения угла токоограничения, который размещен в устройстве 8.

Контур регулирования скоростью старения изоляции якоря путем воздействия на устройство токоограничения обеспечивает в процессе прокатки оптимальный коэффициент перегрузки электрических машин и тем самым исключает местные пиковые температуры из обмоток, повышает надежность и оказывает решающее влияние на срок службы изоляции.

Кроме того, система снабжена контуром регулирования уровня эквивалентного тока якоря, включающим функциональный

преобразователь 30 и измеритель 31 эквивалентного тока, на вход которого присоединен выход датчика 11 тока. Выход измерителя 31 эквивалентного тока присоединен к одному из входов компаратора 28. На вход компаратора подан также сигнал U_{14} , пропорциональный заданному уровню ограничения эквивалентного тока двигателя. Выходной сигнал U_{15} измерителя 31 эквивалентного тока и сигнал U_4 сравниваются в соответствии с выражением $U_{16} = U_4 - U_{15}$ (Здесь U_{16} — сигнал, пропорциональный приращению эквивалентного тока двигателя 1).

Таким образом, выход измерителя 31 через компаратор 28 связан с входом функционального преобразователя 30.

Измеритель 31 эквивалентного тока работает по принципу скользящего усреднения и выдает сигнал U_{15} , пропорциональный значению эквивалентного тока якоря за фиксированное время усреднения. Время усреднения или, например, количество циклов прокатки, подвергающихся усреднению, выбирают небольшим. В противном случае нивелируются изменения сигнала, вызванные условиями работы электропривода, что снижает эффективность регулирования эквивалентного тока.

Выход функционального преобразователя 30 через переключатель задатчика интенсивности 9 подключен к входу регулятора интенсивности задатчика. На фиг. 1 переключатель 9 не изображены. Переключатель замыкается только с момента выброса прокатываемого материала из валков до момента захвата в следующем проходе, т.е. на время движения привода без нагрузки. Характеристика "вход-выход" функционального преобразователя 30 представляет собой зависимость сигнала U_{17} , соответствующего ускорению (темпу) реверсирования электропривода на участке движения без нагрузки в функции приращения эквивалентного тока (сигнала U_{16}). Характеристика рассчитывается из условия обеспечения максимальной производительности стана (минимальной продолжительности цикла прокатки) для заданного уровня тепловых потерь (эквивалентного тока) электродвигателя.

Устройство работает следующим образом.

Скоростной режим электроприводов валков 3 и 4 задается с помощью устройства 13 оператором (или программно-задающего устройства 14), выходной сигнал

которого поступает на задатчик интенсивности 9.

Сигнал задатчика 9 определяет крутизну нарастания числа оборотов якорей двигателей и подается на вход устройства 8 подчиненного регулирования. На другие входы устройства 8 поступают сигналы обратной связи с выходов датчика 10 скорости, датчика 11 тока и датчика 12 напряжения. Выходные сигналы устройства 8 подчиненного регулирования, воздействуя на возбудители 6 и 7 через обмотки возбуждения генератора 2 и двигателя 1, формируют тахограмму рабочих валков 3 и 4, причем до номинальной скорости — изменением напряжения генератора 2, а выше номинальной — изменением тока возбуждения двигателя 1.

Время T_1 (фиг. 2) соответствует участку движения с ускорением электропривода, рабочих валков 3 и 4 и прокатываемого материала, T_2 — время прокатки на установленной скорости.

В момент времени А фотоэлектрический концевой выключатель 15 освобождается от прокатываемого материала 5 и подает сигнал на включение схемы измерения остаточной длины раската. В момент времени В прокатываемый материал освобождает концевой выключатель 16, при этом срабатывает схема устранения разности фактического положения конца прокатываемого материала с измеренной и запоминается остаточная длина P_k прокатки, имеющаяся к моменту времени В. Схема измерения остаточной длины и схема устранения разности фактического положения размещены в блоке 20 устройства торможения. С момента времени В блок 20 непрерывно выдает сигнал, изменяющийся по фазе и амплитуде и соответствующий текущему значению длины недокатанной части материала 5. С появлением на выходе блока 20 сигнала срабатывает релейный усилитель 22, который переводит переключатель 23 в новое положение. При этом вход устройства 8 подчиненного регулирования через компаратор 28 подключается к выходу фазового дискриминатора 21.

На участке торможения T_3 закон движения электропривода определяется выходным напряжением дискриминатора 21. Когда конец материала 5 в процессе торможения будет прокатан и напряжение на выходе блока 20 станет меньше установленного значения, релейный усилитель 22 переключит контакт 23 в первоначальное

положение. На этом процесс торможения заканчивается, причем прокатываемый материал покидает зону деформации с заданной скоростью. Дальнейшее торможение и возвращение раската для нового прохода осуществляется рольгангом.

С момента выброса раската 5 до его захвата в следующем проходе электропривод реверсируется без нагрузки. В процессе работы электропривода измеритель 31 регистрирует значение эквивалентного тока и после каждого цикла прокатки (интервала времени, соответствующего шагу скольжения) на выходе выдает сигнал U_{15} , пропорциональный эквивалентному току, например, за K циклов. Этот сигнал сравнивается в компараторе 28 с сигналом U_{14} , который пропорционален заданному эквивалентному току. Сигнал U_{16} , соответствующий разнице заданного и измеренного значений эквивалентного тока, поступает на вход функционального преобразователя 30.

Регулирование уровнем эквивалентного тока электропривода осуществляется выходным сигналом U_{17} , функционального преобразователя в контуре регулирования уровнем эквивалентного тока. Если измеренный U_{15} и заданный U_{14} сигналы равны, то на выходе преобразователя 30 в соответствии с характеристикой "вход-выход" (фиг. 3) сигнал равен U_0 . Этот сигнал через переключатель задатчика 9, замыкающийся в момент выброса раската из валков, подается на вход регулятора 9 интенсивности задатчика. Входному сигналу U_0 регулятора интенсивности соответствует определенный темп нарастания выходного сигнала задатчика 9, при котором на участке T_4 (фиг. 2) электропривод реверсируется с оптимальным ускорением U_0 , соответствующим заданному уровню эквивалентного тока.

После каждого цикла прокатки с появлением сигнала U_{16} сигнал U_{17} на выходе функционального преобразователя 30 увеличивается или уменьшается в соответствии со знаком входного сигнала. Если U_{16} положительное, это свидетельствует о неиспользовании электропривода по заданному эквивалентному току (теплу), и выходной сигнал U_{17} преобразователя 30, воздействуя на регулятор интенсивности задатчика 9, увеличивает для следующего цикла прокатки ускорение (темп) реверсирования. Это равносильно сокращению продолжительности пауз T_4 и в конечном итоге — цикла прокатки. При отрицательном

сигнале U_{16} выходной сигнал U_{17} преобразователя 30 уменьшает ускорение реверсирования, увеличивая тем самым продолжительность пауз T_{14}'' .

За время реверсирования электропривода раскат 5 возвращается роллгангом к рабочим валкам и на скорости $V_{21}+1$ (фиг. 2) происходит захват прокатываемого материала. При этом срабатывает датчик захвата (на фиг. 1 не изображен), который переводит переключатель задатчика 9 в исходное положение. После чего электропривод разгоняется до рабочей скорости с номинальным ускорением U_H , соответствующим движению под нагрузкой.

Контур регулирования уровнем эквивалентного тока работает аналогично во всех проходах, причем ускорение реверсирования электропривода подстраивается автоматически от цикла к циклу прокатки, т.е. с каждым шагом усреднения эквивалентного тока якоря. Это позволяет в процессе работы прокатного стана равномерно нагружать электропривод и повысить его эффективность без значительных перегрузок по теплу.

Для того чтобы не допустить местных перегревов обмоток выше допустимых, определяемых классом изоляции, и оптимально использовать имеющийся изотермический ресурс двигателя 1 и генератора 2 необходимо, чтобы устройство 8 подчиненного регулирования, в частности, узел токоограничения, определял максимальное допустимое значение тока в функции пиковой температуры обмотки якоря. Для этого служит контур регулирования скоростью старения изоляции якоря.

Известно, что изотермический ресурс электрических машин с достаточной для практических целей точностью определяется из выражения:

$$R = R_H \exp\left(-\frac{\Delta V}{\theta}\right),$$

где R - действительный изотермический ресурс электрической машины;

R_H - изотермический ресурс электрической машины при допустимом превышении температуры над нормированной ГОСТом температурой (35°C);

\exp - основание натурального логарифма;

$$\Delta V = (V - V_C) - (35 - V_{\text{дн}}) = V - V_{\text{дн}} - \Delta V_C -$$

- отклонение температуры изоляции от нормированной, где V , V_H - действительная и допустимая температура обмотки,

V_C - действительная температура окружающей среды, $\Delta V_C = (35 - V_C)$ - отклонение температуры среды от 35°C ;

θ - постоянная старения изоляции.

Если относительная скорость старения изоляции при нормализованной температуре ($35 + V_{\text{дн}}$) равна единице, то при температуре, отличающейся от нормализованной на величину ΔV , относительная скорость старения изоляции будет равна

$$c(t) = \exp[\Delta V(t)/\theta]$$

Расход изотермического ресурса ρ в течение времени может быть представлен зависимостью

$$\rho = \int_0^t c(t) dt = \int_0^t \exp[\Delta V(t)/\theta] dt.$$

Из записанных выражений видно, что вероятностный срок службы электрической машины зависит от отклонения температуры изоляции от нормированной. Практика показывает, что если увеличение температуры обмотки происходит по арифметической прогрессии с разностью 8°C , то уменьшение срока службы изоляции происходит по убывающей геометрической прогрессии со знаменателем $1/2$. Отсюда практическая полезность контура регулирования скоростью старения изоляции очевидна.

Действует контур регулирования следующим образом.

Во время работы электропривода многополюсник 27, на вход которого непрерывно поступают сигналы с датчиков 10, 11, 24, 25 и 26, несущие информацию о тепловых потерях, вырабатывает электрический сигнал U_8 , пропорциональный мгновенной температуре обмотки якоря. Этот сигнал поступает в компаратор 28, где сравнивается с сигналом U_{10} .

Сигнал U_{10} определяется значениями сигналов U_4 , U_7 и U_5 . Сигнал U_H , соответствующий превышению температуры обмотки якоря над нормированной, поступает на вход решающего блока 29. Выходной сигнал U_6 блока 29, пропорциональный скорости/старения изоляции, поступает в компаратор 28 и там сравнивается с сигналом U_{13} , который соответствует заданной скорости старения изоляции электроприводов, причем его уровень определяется из технико-экономических соображений и фактора времени. После сравнения сигнал U_{12} , определяющий приращение скорости старения изоляции, используется для управления уровнем токоограничения в устройстве 8. При этом, если действитель-

ная скорость старения превышает заданную, сигнал U_{12} , воздействуя на регулируемый источник опорного напряжения узла токоограничения, снижает уровень ограничения тока. Если действительная скорость старения меньше заданной, — увеличивает уровень ограничения тока. Однако максимальный уровень тока якоря ограничивается техническим состоянием механического оборудования стана и электрических машин, в частности условиями коммутации, а также нормативными документами их заводов-изготовителей.

Из экономических и технических соображений контуры регулирования скоростью старения изоляции и уровнем эквивалентного тока могут быть общими для электроприводов верхнего и нижнего валков. При этом регулирование должно выполняться по параметрам наиболее загруженного двигателя.

Предлагаемое устройство управления электроприводом обжимного реверсивного стана имеет следующие технические преимущества по сравнению с известными:

исключает местный перегрев обмотки якоря электропривода и позволяет регулировать расход изотермического ресурса ее изоляции;

повышает надежность и срок службы электропривода;

позволяет получить максимальную производительность прокатного стана при заданном значении эквивалентного тока электропривода.

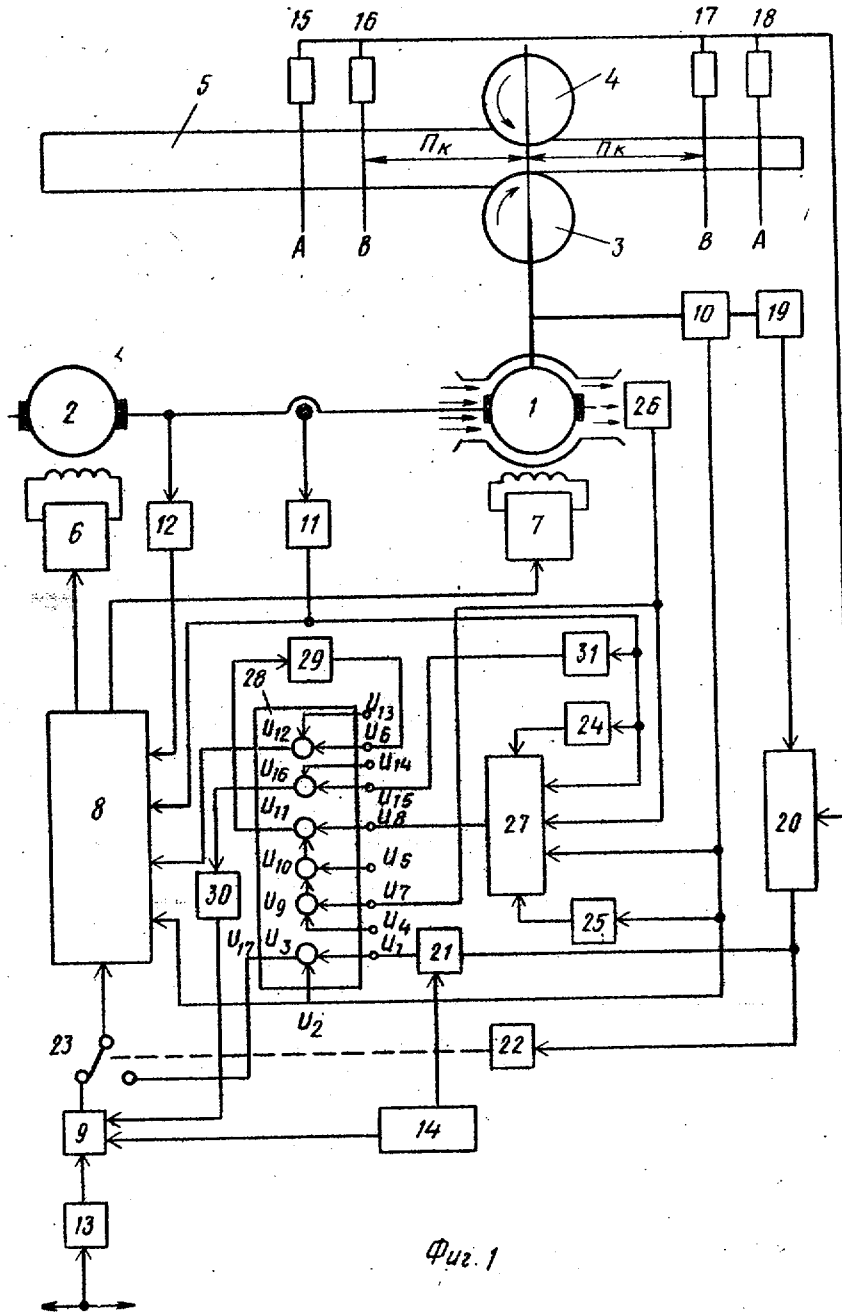
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

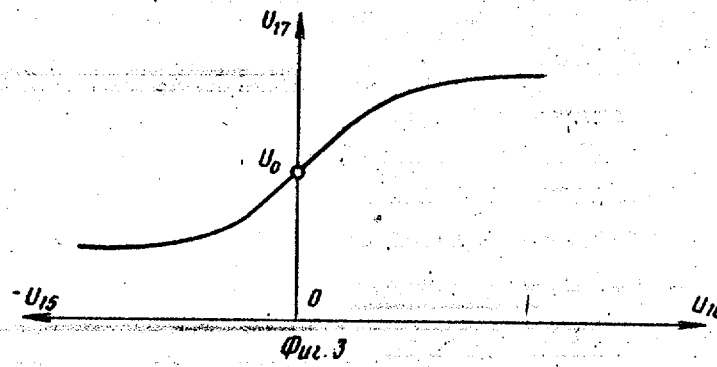
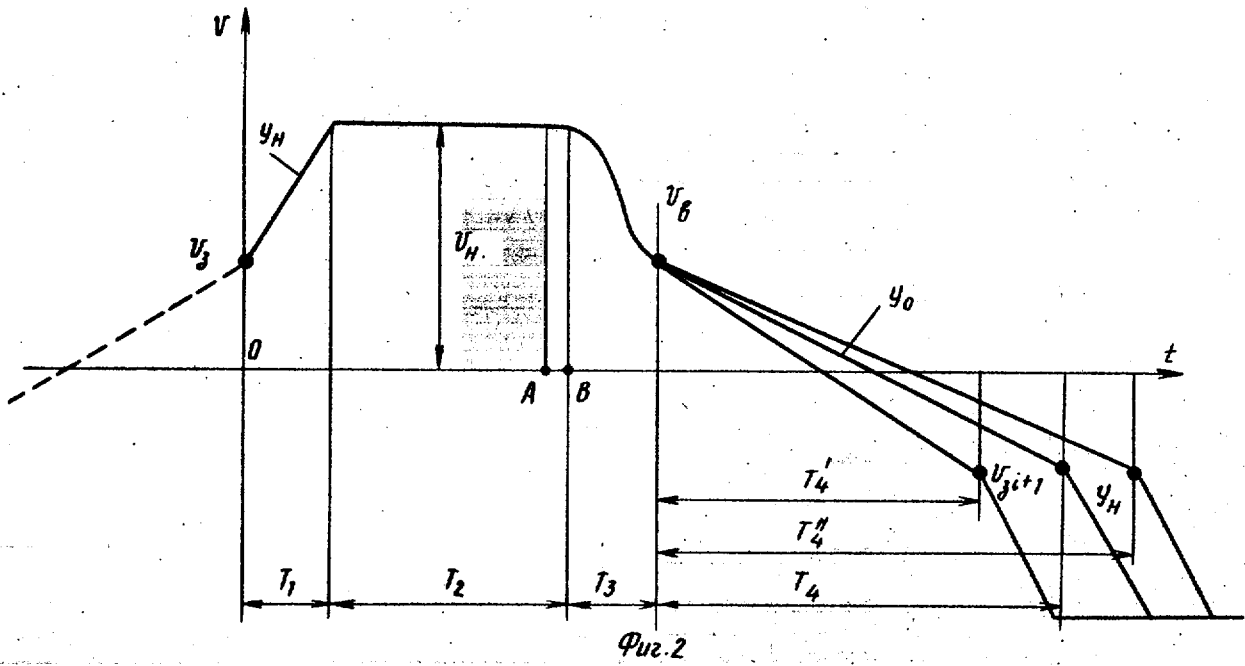
Устройство управления электроприводом обжимного реверсивного прокатного стана, содержащее датчик интенсивности с переключателем и регулятором интенсивнос-

ти, контур подчиненного регулирования с источником опорного напряжения узла токоограничения, датчики скорости, тока и устройство торможения станом, отличающееся тем, что, с целью исключения местных перегревов обмотки якоря электропривода, снижения скорости старения ее изоляции и обеспечения оптимального соотношения между машинным временем прокатки и суммарной продолжительностью пауз для заданного значения эквивалентного тока электропривода, оно дополнительно содержит контур регулирования скорости старения изоляции якоря двигателя, состоящий из многополюсника с пятью входами и одним выходом, решающего блока, компаратора, датчиков температуры охлаждающей среды, квадрата тока якоря и квадрата скорости вращения якоря, выходы которых, в том числе датчиков тока и скорости вращения якоря, соединены с соответствующими входами многополюсника, причем выход многополюсника через компаратор соединен с входом решающего блока, а выход решающего блока — аналогично с входом источника опорного напряжения узла токоограничения, а также контур регулирования уровня эквивалентного значения тока якоря, состоящий из функционального преобразователя и измерителя эквивалентного значения тока якоря, вход которого соединен с выходом датчика тока якоря, а выход через компаратор соединен с входом функционального преобразователя, выход которого соединен с регулятором интенсивности задатчика через его переключатель.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 467439, кл. В 21 В 37/00, 18.04.73, 1975.





Составитель А. Абросимов
 Редактор Е. Братчикова Техред Н. Андрейчук Корректор С. Шекмар
 Заказ 3755/8 Тираж 1033 Подписное
 ЦНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 119035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4