



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1107239 A

3 (51) Н 02 Р 5/06

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) 758447

(21) 3502395/24-07

(22) 21.10.82

(46) 07.08.84. Бюл. № 29

(72) В.Л. Анхимюк, В.И. Панасюк,
В.С. Юденков и А.И. Панасюк

(71) Белорусский ордена Трудового
Красного Знамени политехнический ин-
ститут

(53) 621.316.718.5(088.8)

(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 758447, кл. Н 02 Р 5/06, 1977.

(54)(57) ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО
ТОКА С МИНИМИЗАЦИЕЙ ПОТЕРЬ В ДВИГА-
ТЕЛЕ по авт. св. № 758447, о т л и -
ч а ю щ и й с я тем, что, с целью
снижения полных потерь в электропри-
воде за счет управления с более точ-
ным определением минимума функции по-
терь с учетом ограничений, в него

введены дискретный вычислитель, два
ключа, датчик потока возбуждения дви-
гателя и датчик момента сопротивле-
ния двигателя, причем выходы датчи-
ков скорости, тока якоря, тока воз-
буждения, напряжения на якоре дви-
гателя, потока возбуждения и момента
сопротивления соединены с входами
дискретного вычислителя, два первых
выхода которого связаны с двумя вхо-
дами первого ключа, соединенного
третьим входом с выходом двувходово-
го блока интегрирования и выходом с
входом задатчика регулируемой интен-
сивности изменения скорости привода,
а два вторых выхода дискретного вы-
числителя подключены к двум входам
второго ключа, соединенного третьим
входом с выходом трехвходового блока
интегрирования и выходом с входом
регулятора возбуждения.

(19) SU (11) 1107239 A

Изобретение относится к электро-технике, в частности к области регулируемого электропривода постоянного тока, управляемого по цепи якоря и возбуждения двигателя постоянного тока.

По основному авт. св. № 758447 известен электропривод постоянного тока с минимизацией потерь в двигателе, содержащий датчик тока возбуждения и напряжения на якоре, последовательно соединенные датчик скорости, функциональный преобразователь и блок перемножения с подключенным к его второму входу датчиком тока якоря, регулятор возбуждения, к выводу регулятора возбуждения подключен блок интегрирования с тремя входами, которые соединены соответственно с выходом блока перемножения, выходом датчика напряжения на якоре и выходом датчика тока возбуждения, а также задатчик регулируемой интенсивности изменения скорости привода и последовательно соединенные нелинейный блок и блок интегрирования с двумя входами с ограничением выходного сигнала, причем вход нелинейного блока соединен с датчиком скорости, второй вход блока интегрирования - с датчиком тока якоря, а выход двухходового блока интегрирования включен на регулирующий вход задатчика интенсивности [1].

В этом электроприводе за счет поддержания оптимального соотношения между током в якорной цепи и потоком возбуждения обеспечивается минимизация потерь энергии в установившихся режимах в переходных процессах, т.е. приближенно выполняются условия минимума потерь в двигателе:

$$-j_{\text{я}}^2 R_{\text{А}} + G(\omega) K^2 \Phi^2 + \frac{\Phi \partial}{2 \partial \Phi} (j_{\text{в}}^2 R_{\text{В}}) = 0; \quad (1)$$

$$1 - \frac{M_{\text{с}}}{j_{\text{я}} K \Phi} = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{2 j_{\text{я}}^2 R_{\text{А}}} \quad (2)$$

где ω - угловая скорость;
 $I_{\text{я}}$ - ток в якорной цепи двигателя;
 $R_{\text{А}}$ - внутреннее сопротивление якорной цепи;
 K - конструктивный коэффициент двигателя;
 Φ - поток возбуждения двигателя;
 $G(\omega)$ - переменный коэффициент, характеризующий зависимость потерь в стали от скорости;

$\Delta P_{\text{ст}} = G(\omega) K^2 \Phi^2$ - потери в стали двигателя;
 $I_{\text{в}}$ - ток возбуждения двигателя;
 $R_{\text{в}}$ - сопротивление обмотки возбуждения;

$$\Delta P_{\Sigma} = j_{\text{я}}^2 R_{\text{А}} + \Delta P_{\text{ст}} + j_{\text{в}}^2 R_{\text{В}} + \Delta P_{\text{мех}}(\omega) -$$

полные потери в двигателе;

$\Delta P_{\text{мех}}(\omega)$ - механические потери;

$M_{\text{с}}$ - момент статического сопротивления на валу двигателя.

Выполнение условий (1) и (2) обеспечивает достижение минимума функционала качества:

$$Q_{\text{п}} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{j \Delta P_{\Sigma}}{j_{\text{я}} \Phi - M_{\text{с}}} d\omega = \int_{\omega_1}^{\omega_2} F(j_{\text{я}}, \Phi, \omega) d\omega \quad (3)$$

при совместном регулировании тока якоря и потока возбуждения двигателя и тем самым обеспечивает минимум энергии потерь, выделяющихся в двигателе за время процесса, без учета ограничений, накладываемых на координаты электропривода. При использовании формул (1) и (2) получают абсолютный минимум функции $F(j_{\text{я}}, \Phi, \omega)$.

Как правило, точка абсолютного минимума лежит вне допустимой области фазовых координат. Выбор в качестве точки минимума точки пересечения какого-либо ограничения (например, по току якоря) с кривой, соответствующей уравнению (1), приводит к погрешностям и тем большим, чем дальше отстоит точка абсолютного минимума от ограничения.

Целью изобретения является снижение полных потерь в электроприводе за счет управления с более точным определением минимума функции потерь с учетом ограничений.

Поставленная цель достигается тем, в электроприводе введены дискретный вычислитель, два ключа, датчик потока возбуждения двигателя и датчик момента сопротивления двигателя, причем выходы датчиков скорости, тока якоря, тока возбуждения, напряжения на якоре двигателя, потока возбуждения и момента сопротивления соединены с входами дискретного вычислителя, два первых выхода которого связаны с двумя входами первого ключа, соединенного третьим входом с выходом двухходового блока интегрирования и выходом с входом задатчика регулируемой интенсивности изменения скорости

привода, а два вторых выхода дискретного вычислителя подключены к двум входам второго ключа, соединенного третьим входом с выходом трехходового блока интегрирования и выходом с входом регулятора возбуждения.

На фиг. 1 дана структурная схема предлагаемого электропривода; на фиг. 2 - соотношения между якорным током и потоком возбуждения, где А - 10 точка абсолютного минимума.

Электропривод содержит датчик 1 тока возбуждения и датчик 2 напряжения на якоре, последовательно соединенные датчик 3 скорости, функциональный преобразователь 4 и блок 5 перемножения с подключенным к его второму входу датчиком 6 тока якоря. К выходу регулятора 7 возбуждения подключен блок 8 интегрирования с 20 тремя входами, которые соединены соответственно с выходом блока 5 перемножения, выходом датчика 2 напряжения на якоре и выходом датчика 1 тока возбуждения. Задатчик 9 регулируемой 25 интенсивности изменения скорости привода связан с последовательно соединенными нелинейным блоком 10 и двухвходовым блоком 11 интегрирования с ограничением выходного сигнала.

Вход нелинейного блока 10 соединен с датчиком 3 скорости, второй вход блока 11 интегрирования - с датчиком 6 тока якоря, а выход блока 11 интегрирования связан с регулирующим 35 входом задатчика 9. Электропривод содержит также дискретный вычислитель 12, ключи 13 и 14, датчик 15 потока возбуждения и датчик 16 момента сопротивления двигателя.

Выходы датчика 3 скорости, датчика 6 тока якоря, датчика 1 тока возбуждения, датчика 2 напряжения на якоре, датчика 15 потока возбуждения и датчика 16 момента сопротивления 40 соединены с входами дискретного вычислителя 12, два первых выхода которого связаны с двумя входами ключа 13, соединенного третьим входом с выходом блока 11 интегрирования, выходом - с входом задатчика 9, а два 50 вторых выхода дискретного вычислителя 12 подключены к двум входам ключа 14, соединенного третьим входом с выходом блока 8 интегрирования и выходом с входом регулятора 7 возбуждения.

В данном электроприводе при достижении ток якоря величины J_m , являю-

щейся предельно допустимой по условиям коммутации двигателя, управление формируется при токе якоря $J_a^* = J_m$, а поток возбуждения рассчитывается из условия обеспечения минимума функции

$$F^*(J_a, \Phi, \omega) = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{J_m \Phi - M_c} = \frac{J_m^2 R_A + J_B^2 (\Phi) k_B + G(\omega) \Phi^2 + \Delta P_{\text{мех}}}{J_m \Phi - M_c}; \quad (4)$$

$$\frac{\partial F^*}{\partial \Phi} = \frac{\left(2J_B \frac{\partial J_B}{\partial \Phi} R_B + 2G(\omega) \Phi \right) (J_m \Phi - M_c) - J_m \Delta P_{\Sigma}}{(J_m \Phi - M_c)^2}. \quad (5)$$

Учитывая, что при разгоне $I_{\Phi} - M_c > 0$, получаем закон управления потоком двигателя при выходе тока якоря на ограничение.

$$\left(J_B R_B \frac{\partial J_B}{\partial \Phi} + G(\omega) \Phi \right) (J_m \Phi - M_c) - \frac{1}{2} J_m \Delta P_{\Sigma} = 0, \quad (6)$$

$$\Delta P_{\Sigma} = J_m^2 R_A + J_B^2 R_B + G(\omega) \Phi^2 + \Delta P_{\text{мех}}(\omega).$$

Электропривод работает следующим образом.

Значения координат электропривода вводятся в дискретный вычислитель 12 с датчика 13 скорости, датчика 6 тока якоря, датчика 2 напряжения на якоре, датчика 1 тока возбуждения, датчика 15 потока возбуждения и датчика 16 момента сопротивления. Далее дискретный вычислитель 12 вычисляет оптимальные значения тока якоря J_a^* и потока возбуждения Φ^* двигателя по формуле (1). Затем дискретный вычислитель 12 сравнивает J_a^* с предельно допустимым током J_m . Если $J_a^* > J_m$ и напряжение на якоре $U < U_m$, то полагается $J_a^* = J_m$ и оптимальное значение потока возбуждения Φ^* рассчитывается по формуле (4), куда подставляется уравнение кривой намагничивания

$$J_B = f(\Phi)$$

По сигналу с выхода дискретного вычислителя 12 производится переключение ключей 13 и 14 таким образом, что аналоговая часть системы отключается и управление в этом режиме производится по формуле (4).

Если напряжение на якоре двигателя U больше или равно максимально допустимому $U \geq U_{\text{max}}$, то ключи 13 и 14 остаются в этом же состоянии, а параметры управления рассчитываются дискретным вычислителем 12 по формулам:

$$\Phi = \frac{U - J_a R_A}{\omega} = \bar{f}(J_a); \quad (7)$$

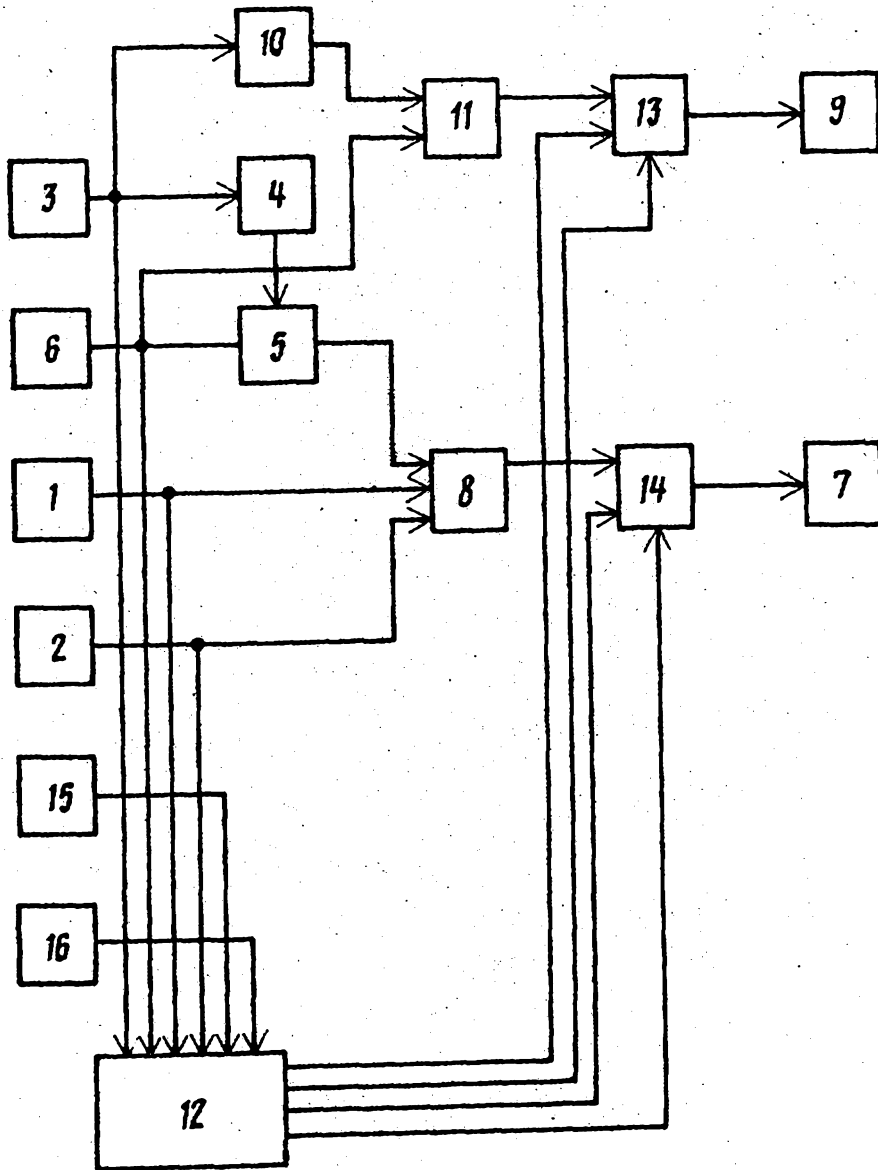
$$J_a^* = \arg \min F^*(J_a, \bar{f}(J_a));$$

$$\Phi^* = \bar{I}(J_q^*)$$

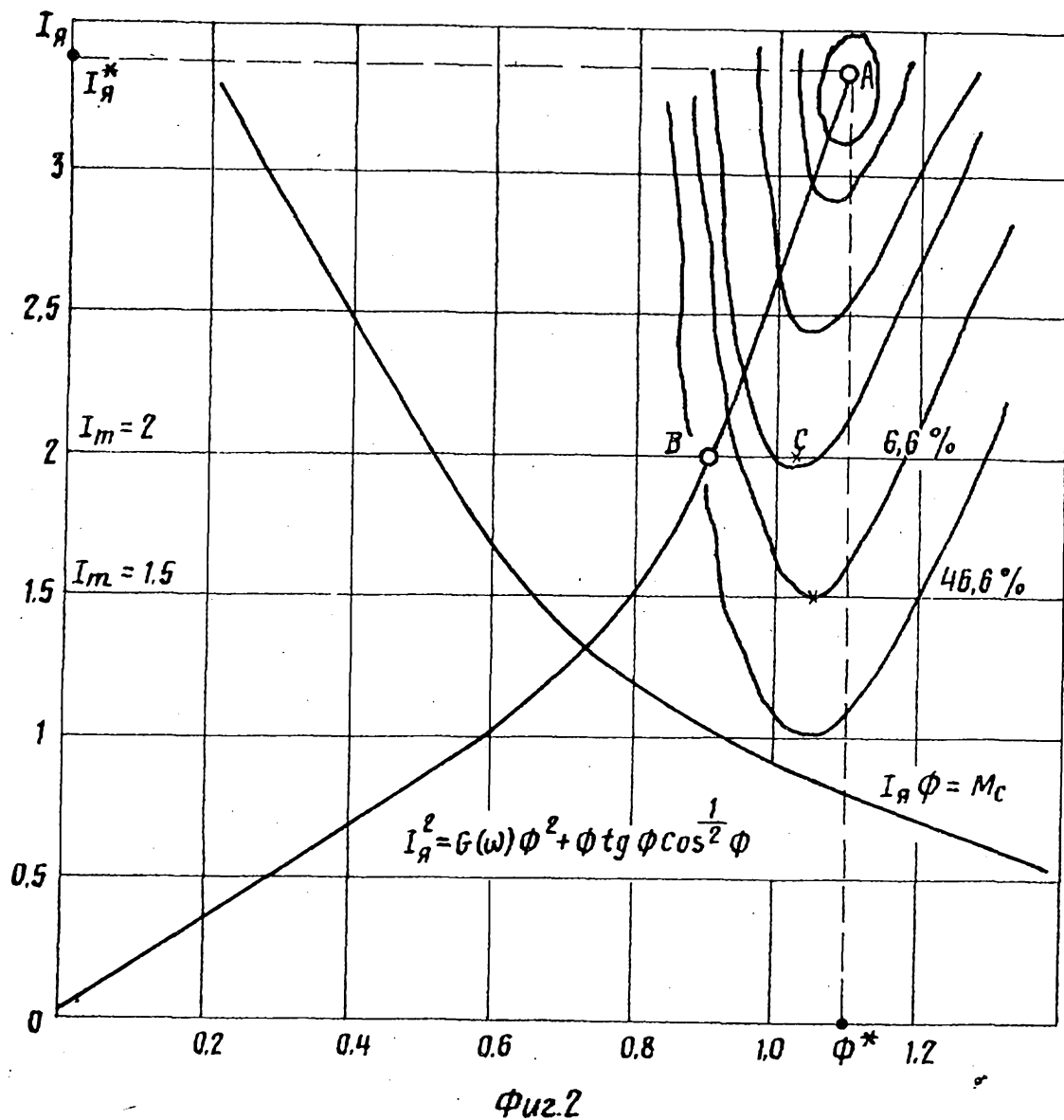
Если $J_q < J_m$ и $U < U_m$, то по сигналу дискретного вычислителя 12 переключаются ключи 13 и 14 таким образом, что к задатчику 9 и регулятору 7 возбуждения подключается аналоговая часть системы управления, содержащая нелинейный блок 10, функциональный преобразователь 4, блок 5 перемножения и блоки 8 и 11 интегрирования. 10

В этом случае управление формируется согласно закону (1), обеспечивающему оптимальность процесса по минимуму потерь энергии в двигателе.

Таким образом, обеспечивается оптимальное по потерям энергии функционирование электропривода с учетом ограничений, накладываемых на координаты электропривода, что способствует еще большему снижению потерь электроэнергии



Фиг. 1



Составитель Н.Корева
 Редактор И.Николайчук Техред Т.Дубинчак Корректор Н.Яцола

Заказ 5773/40 Тираж 667 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

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