



УКРАЇНА

(19) UA (11) 16125 (13) U
(51) МПК
G07C 3/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

1

2

(21) u200602168

(22) 27.02.2006

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Мокін Борис Іванович, Грабко Володимир Віталійович, Розводюк Михайло Петрович, Жуков Сергій Олександрович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для контролю електричного двигуна, який складається із сенсора струму обмотки якоря, першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів, першого, другого та третього лічильників імпульсів, першого, другого та третього розподільників тактів, першого, другого та третього логічних елементів І, першого дільника частоти, першого, другого та третього генераторів імпульсів, першого цифрового компаратора, регістра, першого та другого суматорів, сенсора температури, задавача ресурсу, першого та другого функціональних перетворювачів, першого, другого, третього, четвертого і п'ятого логічних елементів АБО, блока установки нуля, перетворювача напруги, задавача коду, задавача швидкості зміни температури, диференціального підсилювача, двійкового лічильника ресурсу, логічного елемента АБО-НІ, першого підсилювача сигналу, сенсора вібрації, причому вихід сенсора струму обмотки якоря з'єднаний із входом перетворювача напруги та з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний із першим виходом першого розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу першого лічильника імпульсів, третій вихід першого розподільника тактів з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до входу першого дільника частоти, вихід якого підключений до першого входу першого розподільника тактів, другий вхід якого з'єднаний із виходом блока установки нуля, вихід якого підключений і до другого входу другого розподільника тактів, і до лічильного входу двійкового лічильника ресурсу, і до другого входу третього розподільника тактів, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена до вхідної цифрової шини першого функціонального перетворювача, вихідна цифрова

шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом першого логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу першого лічильника імпульсів і до першого входу третього логічного елемента АБО, вихід якого підключений до віднімаючого входу двійкового лічильника ресурсу, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною задавача ресурсу, вихідна цифрова шина двійкового лічильника ресурсу підключена до вхідної цифрової шини логічного елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу четвертого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом першого підсилювача сигналу, вихід якого з'єднаний з колом сигналізації контрольованого об'єкта, вихід перетворювача напруги підключений до першого входу диференціального підсилювача, другий вхід якого з'єднаний з виходом сенсора температури, вихід диференціального підсилювача підключений до першого входу другого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого розподільника тактів, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до другого входу другого логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом другого розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена і до вхідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, і до другої вхідної цифрової шини другого суматора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого суматора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною задавача коду, перша вхідна цифрова шина першого суматора підключена до вихідної цифрової шини регістра, вихідна цифрова шина задавача швидкості зміни температури підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого суматора, третій вихід другого розподільника тактів підключений до лічильного

UA (19) UA (11) 16125 (13) U

входу другого лічильника імпульсів, віднімаючий вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, вихід якого з'єднаний і з другим входом третього логічного елемента АБО, вихідна цифрова шина другого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини другого логічного елемента АБО, вихід якого підключений до третього входу другого логічного елемента І, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу четвертого логічного елемента АБО, вихід сенсора вібрації підключений до першого входу третього аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом третього розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу третього лічильника імпульсів, третій вихід третього розподільника тактів з'єднаний з першим входом третього логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом третього генератора імпульсів, вихід якого підключений і до першого входу третього розподільника тактів, вихідна цифрова шина третього аналого-цифрового перетворювача підключена до вхідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом третього логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу третього лічильника імпульсів і до третього входу третього логічного елемента АБО, який **відрізняється** тим, що в нього введені сенсор струму обмотки збудження, четвертий і п'ятий аналого-цифрові перетворювачі, четвертий лічильник імпульсів, шостий логічний елемент АБО, четвертий логічний елемент І, четвертий розподільник тактів, другий дільник частоти, третій, четвертий, п'ятий і шостий функціональні перетворювачі, блок задання опору обмотки якоря, блок задання опору обмотки збудження двигуна, сенсор напруги мережі, сенсор напруги якірної обмотки двигуна, блок задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, блок задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, другий та третій цифрові компаратори, другий підсилювач сигналу, причому вихід сенсора струму обмотки збудження з'єднаний із першим входом четвертого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом четвертого розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу чет-

вертого лічильника імпульсів, третій вихід четвертого розподільника тактів з'єднаний з першим входом четвертого логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до входу другого дільника частоти, вихід якого з'єднаний із другим входом четвертого розподільника тактів, перший вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, вихідна цифрова шина четвертого аналого-цифрового перетворювача підключена до вхідної цифрової шини третього функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом четвертого логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу четвертого лічильника імпульсів і до четвертого входу третього логічного елемента АБО, вихід сенсора температури підключений до другого входу четвертого функціонального перетворювача і до першого входу п'ятого функціонального перетворювача, другий вхід останнього з'єднаний з виходом блока задання опору обмотки збудження, вихід блока задання опору обмотки якоря підключений до першого входу четвертого функціонального перетворювача, вихід якого підключений до першого входу шостого функціонального перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого функціонального перетворювача, вихід сенсора напруги мережі підключений до третього входу шостого функціонального перетворювача, четвертий вхід якого з'єднаний з виходом сенсора напруги якірної обмотки двигуна, вихід шостого функціонального перетворювача з'єднаний із входом п'ятого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина останнього з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, вихідна цифрова шина блока задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого підсилювача сигналу, другий вхід якого підключений до виходу третього цифрового компаратора, вихід другого підсилювача сигналу з'єднано з колом сигналізації.

Корисна модель відноситься до області електротехніки і може бути використана для контролю роботи тягових двигунів постійного струму трамваїв.

Відомий пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна [Патент №70887А (Україна), М.Кл.⁷ G07C3/10, бюл.№10, 2004], який містить перший генератор імпульсів, вихід якого підключений до входу дільника частоти, реєстр,

вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини першого суматора, сенсор струму, вихід якого з'єднаний з перетворювачем напруги та з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом першого розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу першого лічильника імпульсів, третій вихід першого розподільника тактів з'єдна-

ний з першим входом першого логічного елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, дільник частоти, вихід якого підключений до першого входу першого розподільника тактів, другий вхід якого з'єднаний з виходом блоку установки нуля, вихід якого підключений і до другого входу другого розподільника тактів, і до лічильного входу двійкового лічильника ресурсу, функціональний перетворювач, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого аналого-цифрового перетворювача, а вихідна шина функціонального перетворювача підключена до вхідної цифрової шини першого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом першого логічного елемента I, вихід якого підключений до віднімаючого входу першого лічильника імпульсів і до першого входу третього логічного елемента АБО, вихід якого підключений до віднімаючого входу двійкового лічильника ресурсу, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною задавача ресурсу, логічний елемент АБО-НІ, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини двійкового лічильника ресурсу, а вихід логічного елемента АБО-НІ підключений до другого входу четвертого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача сигналу, вихід якого з'єднаний з колом сигналізації контрольованого об'єкта, диференційний підсилювач, перший вхід якого підключений до виходу перетворювача напруги, а другий вхід диференційного підсилювача підключений до виходу сенсора температури, а вихід диференціального підсилювача підключений до першого входу другого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого розподільника тактів, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до другого входу другого логічного елемента I, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом другого розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена і до вхідної цифрової шини другого лічильника імпульсів і до другої вхідної цифрової шини другого суматора, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого суматора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною задавача коду, задавач швидкості зміни температури, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого суматора, а третій вихід другого розподільника тактів підключений до лічильного входу другого лічильника імпульсів, віднімаючий вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента I, вихід якого з'єднаний і з другим входом третього логічного елемента АБО, другий логічний елемент АБО, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, а вихід другого логічного

елемента АБО підключений до третього входу другого логічного елемента I, а вихід цифрового компаратора підключений до першого входу четвертого логічного елемента АБО.

Недоліком даного пристрою є те, що він не враховує вплив на залишковий ресурс електричного двигуна вібрацій та дії струму, що протікає в обмотці збудження, які впливають на його термін працездатності.

За найближчий аналог обрано пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна [Патент №11971U (Україна), МПК G07C3/10, бюл. №1, 2006], який складається із сенсора струму (в подальшому – сенсора струму обмотки якоря), першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів, першого, другого та третього лічильників імпульсів, першого, другого та третього розподільників тактів, першого, другого та третього логічних елементів I, дільника частоти (в подальшому – першого дільника частоти), першого, другого та третього генератори імпульсів, цифрового компаратора, регістра, першого та другого суматорів, сенсора температури, задавача ресурсу, першого та другого функціональних перетворювачів, першого, другого, третього, четвертого і п'ятого логічних елементів АБО, блока установки нуля, перетворювача напруги, задавача коду, задавач швидкості зміни температури, диференціального підсилювача, двійкового лічильника ресурсу, логічного елемента АБО-НІ, підсилювача сигналу, сенсор вібрації, причому вихід сенсора струму обмотки якоря з'єднаний із входом перетворювача напруги та з першим входом першого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом першого розподільника тактів, вихід якого підключений і до другого входу другого розподільника, другий вихід якого підключений до лічильного входу першого лічильника імпульсів, третій вихід першого розподільника тактів з'єднаний з першим входом першого логічного елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, вихід якого підключений до входу дільника частоти, вихід якого підключений до першого входу першого розподільника тактів, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, вихід якого підключений і до другого входу другого розподільника тактів, і до лічильного входу двійкового лічильника тактів, вхідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача підключена до вхідної цифрової шини першого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом першого логічного елемента I, вихід якого підключений до віднімаючого входу першого лічильника імпульсів і до першого входу третього логічного елемента АБО, вихід якого підключений до віднімаючого входу двійкового лічильника ресурсу, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною задавача ресурсу, вихідна цифрова шина двійкового лічильника ресурсу підключена до вхідної цифрової шини логічного елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого

входу четвертого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача сигналу, вихід якого з'єднаний з колом сигналізації контрольного об'єкта, вихід перетворювача напруги підключений до першого входу диференційного підсилювача, другий вхід якого з'єднаний з виходом сенсора температури, вихід диференціального підсилювача підключений до першого входу другого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого розподільника тактів, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до другого входу другого логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом другого розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена і до вхідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, і до другої вхідної цифрової шини другого суматора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого суматора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною задавача коду, перша вхідна цифрова шина першого суматора підключена до вихідної цифрової шини регістра, вихідна цифрова шина задавача швидкості зміни температури підключена до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого суматора, третій вихід другого розподільника тактів підключений до лічильного входу другого лічильника імпульсів, віднімаючий вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, вихід якого з'єднаний і з другим входом третього логічного елемента АБО, вихідна цифрова шина другого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини другого логічного елемента АБО, вихід якого підключений до третього входу другого логічного елемента І, вихід цифрового компаратора підключений до першого входу четвертого логічного елемента АБО, вихід сенсора вібрації підключений до першого входу третього аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом третього розподільника тактів, другий вихід якого підключений до лічильного входу третього лічильника імпульсів, третій вихід третього розподільника тактів з'єднаний з першим входом третього логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом третього генератора імпульсів, вихід якого підключений і до першого входу третього розподільника тактів, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, вихідна цифрова шина третього аналого-цифрового перетворювача підключена до вхідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом третього логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу третього лічильника імпульсів і до третього входу третього логічного елемента АБО.

Недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє кількісно оцінити завантаженість двигуна при виході його за допустимі межі.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення пристрою для контролю електричного двигуна, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними досягається підвищення точності роботи пристрою, а як наслідок, є можливість більш об'єктивно оцінити технічний стан електричного двигуна на даний момент часу і спрогнозувати його зміну в майбутньому, що дає можливість обґрунтовано й об'єктивно призначити заходи щодо технічного обслуговування й ремонту. Крім того, з'являється можливість контролювати розподіл навантаження на всіх тягових двигунах трамвая за умови встановлення пристрою для кожного з двигунів, що дасть змогу запобігти виходу з ладу двигуна.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна, який складається із сенсора струму (СС) обмотки якоря, першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), першого, другого та третього лічильників імпульсів, першого, другого та третього розподільників тактів (РТ), першого, другого та третього логічних елементів І, першого дільника частоти (ДЧ), першого, другого та третього генераторів імпульсів, цифрового компаратора, регістра, першого та другого суматорів, сенсора температури (СТ), задавача ресурсу (ЗР), першого та другого функціональних перетворювачів (ФП), першого, другого, третього, четвертого і п'ятого логічних елементів АБО, блока установки нуля (БУН), перетворювача напруги (ПН), задавача коду (ЗК), задавача швидкості зміни температури (ЗШЗТ), диференціального підсилювача, двійкового лічильника ресурсу, логічного елемента АБО-НІ, підсилювача сигналу, сенсора вібрації (СВ), причому вихід СС обмотки якоря з'єднаний із входом ПН та з першим входом першого АЦП, другий вхід якого з'єднаний із першим виходом першого РТ, другий вихід якого підключений до лічильного входу першого лічильника імпульсів, третій вихід першого РТ з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до входу першого ДЧ, вихід якого підключений до першого входу першого РТ, другий вхід якого з'єднаний із виходом БУН, вихід якого підключений і до другого входу другого РТ, і до лічильного входу двійкового лічильника ресурсу, і до першого входу третього РТ, вихідна цифрова шина першого АЦП підключена до вхідної цифрової шини першого ФП, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом першого логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу першого лічильника імпульсів і до першого входу третього логічного елемента АБО, вихід якого підключений до віднімаючого входу двійкового лічильника ресурсу, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною ЗР, вихідна цифрова шина двійкового лічи-

льника ресурсу підключена до вхідної цифрової шини логічного елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу четвертого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача сигналу, вихід якого з'єднаний з колом сигналізації контрольованого об'єкта, вихід ПН підключений до першого входу диференційного підсилювача, другий вхід якого з'єднаний з виходом СТ, вихід диференціального підсилювача підключений до першого входу другого АЦП, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого РТ, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до другого входу другого логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом другого РТ, другий вихід якого підключений до лічильного входу регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, вихідна цифрова шина якого підключена і до вхідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, і до другої вхідної цифрової шини другого суматора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого суматора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною ЗК, перша вхідна цифрова шина першого суматора підключена до вхідної цифрової шини регістра, вихідна цифрова шина ЗШЗТ підключена до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого суматора, третій вихід другого РТ підключений до лічильного входу другого лічильника імпульсів, віднімаючий вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, вихід якого з'єднаний і з другим входом третього логічного елемента АБО, вихідна цифрова шина другого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини другого логічного елемента АБО, вихід якого підключений до третього входу другого логічного елемента І, вихід цифрового компаратора підключений до першого входу четвертого логічного елемента АБО, вихід СВ підключений до першого входу третього АЦП, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом третього РТ, другий вихід якого підключений до лічильного входу третього лічильника імпульсів, третій вихід третього РТ з'єднаний з першим входом третього логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом третього генератора імпульсів, вихід якого підключений і до першого входу третього РТ, вихідна цифрова шина третього АЦП підключена до вхідної цифрової шини другого ФП, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом четвертого логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу четвертого лічильника імпульсів і до третього входу третього логічного елемента АБО, згідно корисної моделі, введено сенсор струму (СС) обмотки збудження, четвертий і п'ятий АЦП, четвертий лічильник імпульсів, шостий логічний елемент АБО, четвертий логічний елемент І, четвертий РТ, другий ДЧ, третій, четвертий, п'ятий і шостий ФП, блок задання аналогового сигналу опору обмотки якоря двигуна

при температурі 20°C (в подальшому - БЗО обмотки якоря), блок задання аналогового сигналу опору обмотки збудження двигуна при температурі 20°C (в подальшому - БЗО обмотки збудження), блок задання аналогового сигналу напруги мережі (у подальшому - сенсор напруги мережі СНМ), сенсор напруги якірної обмотки двигуна (СНЯ), блок задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, блок задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, другий та третій цифрові компаратори відповідно, другий підсилювач сигналу, причому вихід СС обмотки збудження з'єднаний із першим входом четвертого АЦП, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом четвертого РТ, другий вихід якого підключений до лічильного входу четвертого лічильника імпульсів, третій вихід четвертого РТ з'єднаний з першим входом четвертого логічного елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, вихід якого підключений і до входу другого ДЧ, вихід якого з'єднаний із другим входом четвертого РТ, перший вхід якого підключений до виходу БУН, вихідна цифрова шина четвертого АЦП підключена до вхідної цифрової шини третього ФП, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з третім входом четвертого логічного елемента І, вихід якого підключений до віднімаючого входу четвертого лічильника імпульсів і до четвертого входу третього логічного елемента АБО, вихід СТ підключений до другого входу четвертого ФП і до першого входу п'ятого ФП, другий вхід останнього з'єднаний з виходом БЗО обмотки збудження, вихід БЗО обмотки якоря підключений до першого входу четвертого ФП, вихід якого підключений до першого входу шостого ФП, другий вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого ФП, вихід СНМ підключений до третього входу шостого ФП, четвертий вхід якого з'єднаний з виходом СНЯ, вихід шостого ФП з'єднаний із входом п'ятого АЦП, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина останнього з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, вихідна цифрова шина блока задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого підсилювача сигналу, другий вхід якого підключений до виходу третього цифрового компаратора, вихід другого підсилювача сигналу з'єднано з колом сигналізації.

Пристрій для контролю робочого ресурсу електричного двигуна пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема, де: 1 - СС обмотки якоря; 2, 13, 32, 41, 55 - відповідно перший, другий, третій, четвертий і п'ятий АЦП; 3, 33, 42, 49, 50, 54 - відповідно перший, другий, третій, четвертий, п'ятий і шостий ФП; 4, 22, 34, 43 - від-

повідно перший, другий, третій і четвертий лічильники імпульсів; 5, 23, 26, 29, 35, 44 - відповідно перший, другий, третій, четвертий, п'ятий і шостий логічні елементи АБО; 6, 20, 37, 47 - відповідно перший, другий, третій і четвертий РТ; 7, 21, 36, 45 - відповідно перший, другий, третій і четвертий логічні елементи І; 8 - БУН; 9, 46 - відповідно перший і другий ДЧ; 10, 24, 38 - відповідно перший, другий і третій генератори імпульсів; 11 - ПН; 12 - диференціальний підсилювач; 14 - реєстр з інверсними виходами; 15 - ЗК; 16, 18 - перший і другий суматори відповідно; 17 - ЗШЗТ; 19, 58, 59 - відповідно перший, другий і третій цифровий компаратор; 25 - ЗР двигуна;

27 - двійковий лічильник ресурсу; 28 - логічний елемент АБО-НІ; 30, 60 - відповідно перший та другий підсилювачі сигналу; 31 - сенсор вібрації; 39 - СТ; 40 - СС обмотки збудження, 48 - БЗО обмотки якоря; 51 - БЗО обмотки збудження; 52 - СНМ; 53 - СНЯ; 56 - блок задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна; 57 - блок задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, причому вихід СС 1 обмотки якоря з'єднаний із входом ПН 11 та з першим входом першого АЦП 2, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом першого РТ 6, другий вихід якого підключений до лічильного входу першого лічильника імпульсів 4, третій вихід першого РТ 6 з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І 7, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 10, вихід якого підключений і до входу першого ДЧ 9, вихід якого підключений до першого входу першого РТ 6, другий вхід якого з'єднаний із виходом БУН 8, вихід якого підключений і до другого входу другого РТ20, і до лічильного входу двійкового лічильника ресурсу 27, і до другого входу третього РТ 37, і до першого входу четвертого РТ47, вихідна цифрова шина першого АЦП 2 підключена до вхідної цифрової шини першого ФП 3, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого лічильника імпульсів 4, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною першого логічного елемента АБО 5, вихід якого з'єднаний з третім входом першого логічного елемента І 7, вихід якого підключений до віднімаючого входу першого лічильника імпульсів 4 і до першого входу третього логічного елемента АБО 26, вихід якого підключений до віднімаючого входу двійкового лічильника ресурсу 27, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною ЗР 25, вихідна цифрова шина двійкового лічильника ресурсу 27 підключена до вхідної цифрової шини логічного елемента АБО-НІ 28, вихід якого підключений до другого входу четвертого логічного елемента АБО 29, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача сигналу 30, вихід якого з'єднаний з колом сигналізації контрольованого об'єкта, вихід ПН 11 підключений до першого входу диференційного підсилювача 12, другий вхід якого з'єднаний з виходом СТ 39, вихід якого з'єднаний і з другим входом четвертого ФП 49 і з першим входом п'ятого ФП 50, вихід диференціального підсилювача 12 підключений до першого входу другого АЦП 13, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого РТ 20, перший вхід якого

з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 24, вихід якого підключений і до другого входу другого логічного елемента І 21, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом другого РТ20, другий вихід якого підключений до лічильного входу реєстра 14, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП 13, вихідна цифрова шина якого підключена і до вхідної цифрової шини другого лічильника імпульсів 22, і до другої вхідної цифрової шини другого суматора 18, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого суматора 16, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною ЗК 15, перша вхідна цифрова шина першого суматора 16 підключена до вихідної цифрової шини реєстра 14, вихідна цифрова шина ЗШЗТ підключена до першої вхідної цифрової шини цифрового компаратора 19, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого суматора 18, третій вихід другого РТ20 підключений до лічильного входу другого лічильника імпульсів 22, віднімаючий вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І 21, вихід якого з'єднаний і з другим входом третього логічного елемента АБО 26, вихідна цифрова шина другого лічильника імпульсів 22 підключена до вхідної цифрової шини другого логічного елемента АБО 23, вихід якого підключений до третього входу другого логічного елемента І 21, вихід якого з'єднаний і з другим входом третього логічного елемента АБО 26, вихідна цифрова шина другого лічильника імпульсів 22 підключена до вхідної цифрової шини другого ФП 33, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього лічильника імпульсів 34, третій вихід третього РТ 37 з'єднаний з першим входом третього логічного елемента І 36, другий вхід якого з'єднаний з виходом третього генератора імпульсів 38, вихід якого підключений і до першого входу третього РТ 37, вихідна цифрова шина третього АЦП 32 підключена до вхідної цифрової шини другого ФП 33, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього лічильника імпульсів 34, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною п'ятого логічного елемента АБО 35, вихід якого з'єднаний з третім входом третього логічного елемента АБО 136, вихід якого підключений до віднімаючого входу третього лічильника імпульсів 34 і до третього входу третього логічного елемента АБО 26, вихід СС 40 обмотки збудження з'єднаний із першим входом четвертого АЦП 41, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом четвертого РТ 47, другий вихід якого підключений до лічильного входу четвертого лічильника імпульсів 43, третій вихід четвертого РТ 47 з'єднаний з першим входом четвертого логічного елемента І 45, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 10, вихід якого підключений і до входу другого ДЧ 46, вихід якого з'єднаний із другим входом четвертого РТ 47, вихідна цифрова шина четвертого АЦП 41 підключена до вхідної цифрової шини третього ФП 42, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого лічильника імпульсів 43, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою

шиною шостого логічного елемента АБО 44, вихід якого з'єднаний з третім входом четвертого логічного елемента І 45, вихід якого підключений до віднімаючого входу четвертого лічильника імпульсів 43 і до четвертого входу третього логічного елемента АБО 26, другий вхід п'ятого ФП з'єднаний з виходом БЗО 51 обмотки збудження, вихід БЗО 48 обмотки якоря підключений до першого входу четвертого ФП 49, вихід якого підключений до першого входу шостого ФП 54, другий вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого ФП 50, вихід СНМ 52 підключений до третього входу шостого ФП 54, четвертий вхід якого з'єднаний з виходом СНЯ 53, вихід шостого ФП 54 з'єднаний із входом п'ятого АЦП 55, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 58 та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 59, друга вхідна цифрова шина останнього з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання 57 верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, вихідна цифрова шина блока 56 задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 58, вихід якого підключений до першого входу другого підсилювача сигналу 60, другий вхід якого підключений до виходу третього цифрового компаратора 59, вихід другого підсилювача сигналу 60 з'єднано з колом сигналізації.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення на схему БУН 8 коротким імпульсом переводить в початковий нульовий стан перший РТ 6, другий РТ 20, третій РТ 37 і четвертий РТ 47, а при подачі імпульсу на двійковий лічильник ресурсу 27, в останній записується значення робочого ресурсу двигуна із ЗР 25. Одночасно на виходах першого 10, другого 24 і третього 38 генераторів імпульсів починають вироблятися послідовності імпульсів.

Припускається, що в блоці ЗШЗТ 17 записане максимально допустиме значення швидкості зміни температури, в блоці ЗР 25 в цифровому вигляді - значення робочого ресурсу електричного двигуна, в БЗО 48 обмотки якоря - опір обмотки якоря двигуна при температурі 20°C, в БЗО 51 обмотки збудження - опір обмотки збудження двигуна при температурі 20°C, в блоці 56 задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна та блоці 57 задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна - їхні відповідні значення (90% від номінальної - у блоці 56, 110% від номінальної - у блоці 57).

У частині схеми, що містить блоки 1-10, здійснюється вимірювання значення струму обмотки якоря електродвигуна і його перерахунок у виділене тепло з подальшим урахуванням в зміні залишкового ресурсу двигуна.

Послідовності імпульсів з першого генератора імпульсів 10 поступають на другий вхід першого логічного елемента І 7 і на вхід першого ДЧ 9, на виході якого з'являється кожен k-ий імпульс з тих, що на нього поступають. Число k підбирається таким чином, щоб узгодити роботу частин пристрою. Далі імпульси з виходу першого ДЧ 9 поступають на вхід першого РТ 6. На першому такті

вимірювання струму обмотки якоря з першого виходу першого РТ 6 подається сигнал дозволу зчитування інформації з СС 1 обмотки якоря на перший АЦП 2, де аналоговий сигнал перетворюється в цифровий код, який потім подається на вхід першого ФПЗ, на виході якого формується цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу двигуном за струмом обмотки якоря. На другому такті вимірювання струму обмотки якоря з другого виходу першого РТ 6 подається сигнал дозволу зчитування інформації з ФП 3 на лічильний вхід першого лічильника імпульсів 4, з виходу якого цифровий код через перший логічний елемент АБО 5 подається на третій вхід першого логічного елемента І 7. На третьому такті вимірювання струму обмотки якоря на третьому виході першого РТ 6 з'являється сигнал, який подається на перший вхід першого логічного елемента І 7. На виході останнього з'являється сигнал логічної одиниці, який одночасно подається на віднімаючий вхід першого лічильника імпульсів 4 і на перший вхід третього логічного елемента АБО 26. У випадку обнуління першого лічильника імпульсів 4, на виході першого логічного елемента І 7 з'явиться сигнал логічного нуля. З виходу четвертого логічного елемента АБО 26 сигнал поступає на віднімаючий вхід двійкового лічильника ресурсу 27, в якому від залишкового ресурсу двигуна віднімається відпрацьований ресурс, обумовлений старінням ізоляції обмотки якоря, викликаного струмом, що в ній протікає. У випадку обнуління двійкового лічильника ресурсу 27, що свідчить про вичерпання ресурсу роботи двигуна, останній відключається від мережі сигналом, поданим із виходу логічного елемента АБО-НІ 28 через п'ятий логічний елемент АБО 29 і підсилювач сигналу 30, або ж видається попереджувальний сигнал експлуатаційному персоналу (в коло сигналізації).

У частині схеми, що містить блоки 11-24 та 39, здійснюється вимірювання значення температури і перетворення її у відповідне значення відпрацьованого ресурсу двигуном.

Послідовності імпульсів з другого генератора імпульсів 24 поступають на другий вхід другого логічного елемента І 21 і на вхід другого РТ 20. З виходу СТ 39 сигнал, який відповідає температурі обмотки якоря двигуна, поступає на другий вхід диференціального підсилювача 12, на перший вхід якого поступає сигнал з ПН 11, а на вхід останнього поступає сигнал з СС 1 обмотки якоря. На першому такті вимірювання температури з першого виходу другого РТ 20 подається сигнал дозволу зчитування інформації з диференціального підсилювача 12 на другий АЦП 13, де аналоговий сигнал, що відповідає перевищенню температури електричного двигуна, яка подається від СТ 39, над температурою, викликану нагрівом при протіканні струму в обмотці якоря, перетворюється в цифровий код. На другому такті вимірювання температури цифровий код з виходу другого АЦП 13 записується в регістр 14 по сигналу, який надходить на лічильний вхід цього регістра з другого виходу другого РТ 20. Далі цифровий код з виходу регістра 14 поступає на перший вхід першого суматора 16, на другий вхід якого поступає також цифровий код із ЗК 15. Сумарний цифровий код з

виходу першого суматора 16 надходить на перший вхід другого суматора 18, на другий вхід якого надходить цифровий код з виходу другого АЦП 13. На виході другого суматора 18 формується цифровий код, що відповідає швидкості зміни температури. У випадку перевищення швидкості зміни температури максимально допустимого значення, яке записане у цифровому коді в ЗШЗТ 17, на виході цифрового компаратора 19 з'являється сигнал логічної одиниці, який через четвертий логічний елемент АБО 29 і підсилювач сигналу 30 подається на відключення двигуна від мережі (в коло сигналізації). В іншому випадку на виході цифрового компаратора 19 присутній сигнал логічного нуля. На третьому такті вимірювання температури на третьому виході другого РТ 20 з'являється сигнал, який подається на лічильний вхід другого лічильника імпульсів 22. При цьому останньому надається дозвіл зчитування інформації з другого АЦП 13. Далі цифровий код з виходу другого лічильника імпульсів 22 через другий логічний елемент АБО 23 подається на третій вхід другого логічного елемента І 21. На виході останнього з'являється сигнал логічної одиниці, який одночасно подається на віднімаючий вхід другого лічильника імпульсів 22 і на другий вхід третього логічного елемента АБО 26. У випадку обнуління другого лічильника імпульсів 22, на виході другого логічного елемента І 21 присутній сигнал логічного нуля. В двійковому лічильнику ресурсу 27 від залишкового ресурсу двигуна віднімається відпрацьований ресурс, обумовлений старінням ізоляції обмотки якоря перевищенням температури.

У частині схеми, що містить блоки 31-38, здійснюється вимірювання рівня вібрації електродвигуна і його перерахунок у відповідне значення відпрацьованого ресурсу двигуном.

Послідовності імпульсів з третього генератора імпульсів 38 поступають на другий вхід третього логічного елемента І 36 і на перший вхід третього РТ 37. На першому такті вимірювання вібрації з першого виходу третього РТ 37 подається сигнал дозволу зчитування інформації із СВ 31 на третій АЦП 32, де аналоговий сигнал перетворюється в цифровий код, який потім подається на вхід другого ФП 33, на виході якого формується цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу електродвигуна за впливом вібрації. На другому такті вимірювання вібрації із другого виходу третього РТ 37 подається сигнал дозволу зчитування інформації із другого ФП 33 на лічильний вхід третього лічильника імпульсів 34, з виходу якого цифровий код через п'ятий логічний елемент АБО 35 подається на третій вхід третього логічного елемента І 36. На третьому такті вимірювання вібрації на третьому виході третього РТ 37 з'являється сигнал, який подається на перший вхід третього логічного елемента І 36. На виході останнього з'являється сигнал логічної одиниці, який одночасно подається на віднімаючий вхід третього лічильника імпульсів 34 і на третій вхід третього логічного елемента АБО 26. У випадку обнуління третього лічильника імпульсів 34 на виході третього логічного елемента І 36 з'явиться сигнал логічного нуля.

У частині схеми, що містить блоки 40-47, здійснюється вимірювання значення струму обмотки збудження електродвигуна і його перерахунок у виділене тепло з подальшим урахуванням в зміні залишкового ресурсу двигуна.

Послідовності імпульсів з першого генератора імпульсів 10 поступають на другий вхід четвертого логічного елемента І 45 і на вхід другого ДЧ 46, на виході якого з'являється кожен n-ий імпульс з тих, що на нього поступають. Число n підбирається таким чином, щоб узгодити роботу частин пристрою. Далі імпульси з виходу другого ДЧ 46 поступають на вхід четвертого РТ 47. На першому такті вимірювання струму обмотки збудження з першого виходу четвертого РТ 47 подається сигнал дозволу зчитування інформації з СВ 40 обмотки збудження на четвертий АЦП 41, де аналоговий сигнал перетворюється в цифровий код, який потім подається на вхід третього ФП 42, на виході якого формується цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу двигуном за струмом обмотки збудження. На другому такті вимірювання струму обмотки збудження з другого виходу четвертого РТ 47 подається сигнал дозволу зчитування інформації з третього ФП 42 на лічильний вхід четвертого лічильника імпульсів 43, з виходу якого цифровий код через шостий логічний елемент АБО 44 подається на третій вхід четвертого логічного елемента І 45. На третьому такті вимірювання струму обмотки збудження на третьому виході четвертого РТ 47 з'являється сигнал, який подається на перший вхід четвертого логічного елемента І 45. На виході останнього з'являється сигнал логічної одиниці, який одночасно подається на віднімаючий вхід четвертого лічильника імпульсів 43 і на четвертий вхід третього логічного елемента АБО 26. У випадку обнуління четвертого лічильника імпульсів 43, на виході четвертого логічного елемента І 45 з'явиться сигнал логічного нуля.

У частині схеми, що містить блоки 48-60, здійснюється контролювання завантаженості двигуна.

На виходах БЗО 48 обмотки якоря і БЗО 51 обмотки збудження формуються аналогові сигнали, які відповідають величинам опорів обмотки якоря $R_{я,20}$ і обмотки збудження $R_{з,20}$ двигуна відповідно при температурі 20°C . Ці сигнали разом із сигналом, що відповідає рівню вимірної температури t СТ 39 поступають у відповідні четвертий ФП 49 та п'ятий ФП 50 функціональні перетворювачі, на виходах яких формуються сигнали, що відповідають рівням опору обмотки якоря $R_{я,t}$ і обмотки збудження $R_{з,t}$ двигуна при вимірній температурі t за формулами

$$\begin{aligned} R_{я,t} &= R_{я,20} \cdot \left(+\alpha \left(-20 \right) \right) \\ R_{з,t} &= R_{з,20} \cdot \left(+\alpha \left(-20 \right) \right) \end{aligned} \quad (1)$$

де α - температурний коефіцієнт (для мідних проводів $\alpha=0,004$).

На виході блоку СНМ 52 формується сигнал, який відповідає напрузі u_m мережі живлення двигуна. На виході СНЯ 53 формується сигнал, що відповідає напрузі U_m якоря двигуна. Сигнали, що відповідають величинам $R_{я,t}$, $R_{з,t}$, U_m і $U_я$ поступають на відповідні входи шостого ФП 54, на виході якого формується сигнал, що відповідає потужності Рем на валу двигуна за формулою

$$P_{ем} = \left(U_M - U_{я} \frac{\epsilon_{з,t} - R_{я,t}}{R_{я,t}} \right) \cdot \frac{U_{я}}{R_{я,t}} \quad (2)$$

На виході п'ятого АЦП 55 отримуємо значення цієї потужності у цифровому коді.

За допомогою другого 58 та третього 59 цифрових компараторів цифровий аналог потужності на валу двигуна, який отримано з виходу п'ятого АЦП 55, порівнюється з допустимими межами його зміни. У випадку, якщо значення потужності вихо-

дить за допустимий інтервал, на виході одного з цифрових компараторів 58 або 59 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий підсилювач сигналу 60, а далі - в коло сигналізації. В іншому випадку на виходах другого 58 та третього 59 цифрових компараторів з'являється сигнал логічного нуля. При цьому сигнал на другий підсилювач сигналу не подається.

