

КОМПЬЮТЕРИЗОВАННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСА

Л. Б. Литвинский, к.т.н., доц., Е. И. Лосина, асп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина

E-mail: seem@kdu.edu.ua

Разработан программноаппаратный комплекс, обеспечивающий реализацию диагностики параметров режимов управления тяговых двигателей троллейбуса, проведен анализ и синтез энергосберегающего управления электроприводом с целью снижения затрат электроэнергии на перевозку пассажиров.

Ключевые слова: система диагностики, электропривод, режимы работы, алгоритм, снижение затрат электроэнергии.

Введение. Для систем электромеханики в настоящее время характерна интенсификация использования мощностей и ресурсов установленного оборудования. Это может быть достигнуто на основе интеллектуальной диагностики эксплуатационного состояния и режимов использования оборудования. Рост степени ответственности принимаемых решений по времени вывода оборудования в ремонт ужесточил требования к качеству моделей идентификации, основой которых является информация, получаемая при диагностике состояния энергоустановок.

Электропривод является одним из самых важных звеньев электрооборудования троллейбуса, и эффективность его работы определяется качеством алгоритмов его работы, точностью обработки тяговых диаграмм, возможностью учитывать состояние электромеханических систем и климатические условия работы.

Использование микропроцессорной техники в системах диагностики и контроля режимов работы электромеханического оборудования троллейбуса дает возможность системам управления выполнять, кроме основных, еще и дополнительные функции, такие как сбор, сохранение, обработка и передача информации об объекте диагностики в ЭВМ для синтеза энергосберегающего управления тяговыми двигателями. Поскольку архитектура микропроцессорного устройства традиционна, то основное внимание нужно сосредоточить на разработке структуры микропроцессорной системы и алгоритма ее работы.

Цель работы. Применение диагностики режимов работы троллейбуса для реализации энергосберегающего управления путём создания и внедрения программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего реализацию диагностики параметров режимов работы тяговых двигателей троллейбуса, анализ и синтез энергосберегающего управления электроприводом с целью снижения затрат электроэнергии на перевозку пассажиров.

Материал и результаты исследования. Для реализации микропроцессорной системы необходимо использовать микроконтроллеры (МК). В качестве микроконтроллера можно использовать изделия таких фирм, как Atmel, Analog Devices, Intel, Microchip, Motorola, Texas Instruments и др.

Система должна диагностировать техническое состояние электропривода троллейбуса, контролируя основные параметры тяговой диаграммы.

Сформулируем общие требования к разработке системы диагностирования работы электропривода троллейбуса.

Система должна выполнять следующие функции:

- 1) диагностировать основные технические режимы работы троллейбуса;
- 2) диагностировать ток в цепи тягового двигателя троллейбуса;
- 3) диагностировать скорость движения троллейбуса;
- 4) контролировать путь, пройденный троллейбусом;
- 5) диагностировать параметры режимов энергосберегающего управления троллейбусом.

Задача диагностики режимов работы троллейбуса в системе городского электротранспорта (ГЭТ) может быть решена при помощи синтезирующих функций, представляющих собой зависимости управления от фазовых координат системы и может быть разбита на две части:

1. Определение законов изменения во времени фазовых координат $X(t)$ и параметра управления $F(t)$ системы силы тяги.

2. Получение синтезирующих функций, представляющих собой зависимости управлений от рассогласований фазовых координат системы $\Delta X(t)$.

Введем следующие фазовые координаты: путь троллейбуса $S = x_1$, скорость $V = x_2$, потери в цепи якоря $Q = x_3$. Управлением условимся считать силу тяги троллейбуса $F(t)$.

Получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2; \quad \frac{dx_2}{dt} = \frac{F - \sum W}{Mnn}; \quad \frac{dx_3}{dt} = F^2. \quad (1)$$

Для рассматриваемой системы закон изменения силы тяги был найден при помощи «принципа максимума» в следующем виде [1]:

$$F = \frac{\beta_1 t - \beta_2}{Mnn}. \quad (2)$$

Изменение напряжения на тяговых двигателях может быть реализовано при помощи тиристорного преобразователя, осуществляющего бесконтактное управление тяговыми двигателями.

Для построения системы диагностики троллейбуса определим синтезирующие функции, представляющие собой зависимость управления $F(t)$ от фазовых координат (S, V, Q) системы – пройденного пути, скорости дви-

жения и потерь электроэнергии в цепи тяговых двигателей электротранспорта:

$$F = f(S, V, Q). \quad (3)$$

Проинтегрируем систему уравнений (1) с учетом (2) и произвольных начальных условий:

$$X(x_1 = x_{10}; x_2 = x_{20}; x_3 = x_{30}). \quad (4)$$

Получим

$$x_{21} = \frac{\beta_1 t_1^2}{2M_{np}^2} - \frac{(\beta_2 + \Sigma WM_{np})t_1}{M_{np}^2} + X_{20}; \quad (5)$$

$$x_{11} = \frac{\beta_1 t_1^3}{6M_{np}^2} - \frac{(\beta_2 + \Sigma WM_{np})t_1^2}{2M_{np}^2} + x_{20}t_1 + x_{10}; \quad (6)$$

$$x_{31} = \frac{t_1}{m_{pr}^2} \left(\frac{\beta_1^2 t_1^2}{3} - \beta_1 \beta_2 t_1 + \beta_2^2 \right) + x_{30}. \quad (7)$$

Постоянные β_1 , β_2 и время отработки t приводом электротранспорта заданного перемещения определим из условия, что при $t=t_1$ система должна находиться в положении:

$$X_1(x_1 = x_{11}; x_2 = x_{21}; x_3 = x_{31}). \quad (8)$$

Подстановкой конечных условий в уравнение (9) получим:

$$x_1(t) = \frac{\beta_1 t^3}{6M_{np}^2} - \frac{(\beta_2 + \Sigma WM_{np})t^2}{2M_{np}^2} + x_{20}t + x_{10}; \quad (10)$$

$$x_3(t) = \frac{t}{m_{pr}^2} \left(\frac{\beta_1^2 t^2}{3} - \beta_1 \beta_2 t + \beta_2^2 \right) + x_{30}.$$

Введём следующие обозначения для рассогласованных фазовых координат системы:

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= x_{11} - x_{10}; \\ \Delta x_2 &= x_{21} - x_{20}; \\ \Delta x_3 &= x_{31} - x_{30}. \end{aligned} \quad (11)$$

Из уравнения (2) при $t = 0$ имеет место:

$$F = -\frac{\beta_2}{M_{np}}. \quad (12)$$

Путём совместного решения уравнений (10) относительно β_1 можно установить, что при нахождении систем в положении x_0 , которое является произвольным, существует оптимальное управление F_{onm} :

$$F_{onm} = \frac{6M_{np}(\Delta x_1 - X_{21}t_1)}{t_1^2} + \Sigma W - \frac{4M_{np}\Delta x_2}{t_1}. \quad (13)$$

Решая систему уравнений (10) относительно t_1 , получим после соответствующих преобразований:

$$\begin{aligned} &(\Delta x_3 + 2M_{np} \Sigma W \Delta x_2)t_1^3 - 4\Delta x_2 M_{np}^2 \times \\ &\times (\Delta x_2 + 3x_{21})t_1^2 + 12M_{np}^2 \Delta x_1 \Delta x_2 t_1 + \\ &+ M_{np}^2 (\Delta x_1 - \Delta x_{21}t_1)^2 = 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Для случая, когда момент сил сопротивления и начальная скорость равны нулю, из (13) при $x_{21}=0$ и $\Sigma W=0$ получим:

$$F'_{onm} = \frac{6M_{np}\Delta x_1}{t_1^2} - \frac{4M_{np}\Delta x_2}{t_1}. \quad (15)$$

Время t_1 определяется из выражения:

$$t_1 = \frac{-4M_{np}\Delta x_2 \pm \sqrt{16M_{np}^2\Delta x_2^2 + 24M_{np}\Delta x_1}}{2F'_{onm}}. \quad (16)$$

Так как $t_1 > 0$, то

$$t_1 = \frac{\sqrt{6F'_{onm}M_{np}\Delta x_1}}{F'_{onm}}. \quad (17)$$

Представив значение t_1 в уравнение (14), получим выражение для силы тяги в функции рассогласования фазовых координат системы:

$$\begin{aligned} &2M_{np}\Delta x_1 F'_{onm} - 4M_{np}^2\Delta x_2^2 F'_{onm}{}^2 + 8M_{np}^3 \frac{\Delta x_2^4}{\Delta x_2} - \\ &- 12M_{np}\Delta x_2 \Delta x_3 F'_{onm} - 3\Delta x_3^2 = 0. \end{aligned} \quad (18)$$

Обычно известно значение среднеквадратического тока, а не величина потерь в цепи тяговых двигателей. В этом случае потери можно определить следующим образом:

$$Q = I^2_{сркв} \times t_1. \quad (19)$$

Из уравнения (16) с учетом (14):

$$Q = I^2_{сркв} \frac{\sqrt{6S}}{\sqrt{I_{сркв}}}. \quad (20)$$

Из уравнения (18) при $X_{20}=0$ получим:

$$Q = I_{сркв} \frac{\sqrt[3]{2Q^2}}{\sqrt{2S}}. \quad (21)$$

Потери в тяговых двигателях выразим так:

$$Q = I_{сркв} \frac{\sqrt{6S} \sqrt[3]{2S}}{\sqrt[3]{Q} \sqrt{3}}. \quad (22)$$

Откуда

$$Q = \sqrt[4]{12S^2 I_{сркв}^6}. \quad (23)$$

Рассогласование ΔQ определяется так:

$$\Delta Q = Q - \int_0^t i^2 dt. \quad (24)$$

Функциональная схема системы диагностики путем реализации полученных алгоритмов показана на рис. 1.

Контроль за текущими значениями скорости и пройденного пути осуществляется датчиком скорости ДС и измерением пути ИП. Величина потерь в цепи тяговых двигателей вычисляется по формулам (20), (21), а МК формирует управление частотой и скважностью включения тиристоров тягового преобразователя ТП соответственно с формулой (13).

Контроль за текущими значениями скорости и пройденного пути осуществляется датчиком скорости и программно измерителем пути.

Величина потерь в цепи тяговых двигателей вычисляется по формулам (22), (23), а вычислительное устройство формирует управление частотой и скважностью включения тиристоров тягового преобразователя ТП соответственно с формулой (15).

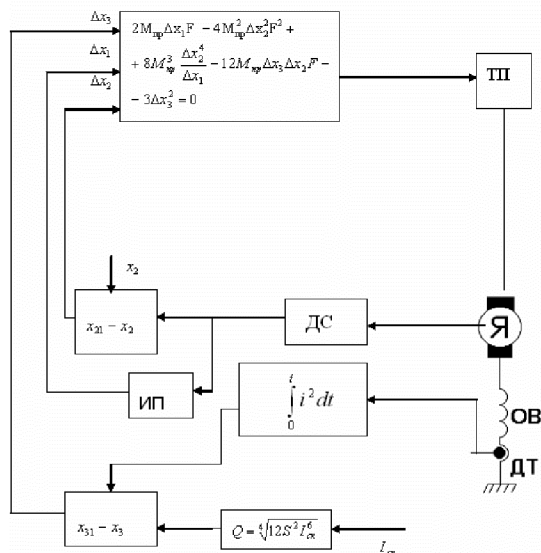


Рисунок 1 – Функціональна схема системи діагностики

Структура пристрою діагностики буде такою (рис. 2). Робота системи заключається в послідовному вимірюванні всіх сигналів, що поступають від датчиків 1–6 через нормуючі перетворювачі 8 і коммутатор 9 на вхід внутрішнього АЦП мікроконтролера 10 для перетворення в цифровий код. Сигнали від датчиків 7 через коммутатор 9 поступають на вхід мікроконтролера 10. Блок 11 здійснює запуск системи.

Структурна схема пристрою системи діагностики параметрів електроприводу троллейбуса зображена на рис. 2.

Реалізація системи діагностики режимів тягових двигателів для забезпечення енергозберігаючого управління троллейбусом може бути здійснена на основі типового мікроконтролера.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРОЛЕЙБУСА

Л. Б. Литвинський, к.т.н., доц., К. І. Лосіна, асп.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна

E-mail: seem@kdu.edu.ua

Розробка програмно-апаратного комплексу, що забезпечує реалізацію діагностики параметрів режимів управління тягових двигунів троллейбуса, аналіз і синтез енергозберігаючого управління електроприводом із метою зниження витрат електроенергії на перевезення пасажирів.

Ключові слова: система діагностики, електропривод, режими роботи, алгоритм, зниження витрат електроенергії.

COMPUTERIZED SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL STATE OF TROLLEYBUS

L. Litvinsky, Cand. of Sc. (Tech.), Assoc. Prof., K. Losina, post-grad.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine

E-mail: seem@kdu.edu.ua

Development of hardware-software complex, providing realization of diagnostics of parameters of the modes of management of hauling engines of trolleybus, analysis and synthesis of power efficient management electric drive with the purpose of decline of expenses of electric power on carrying passengers.

Key words: system of diagnostics, electric drive, office hours, algorithm, decline of expenses of electric power.

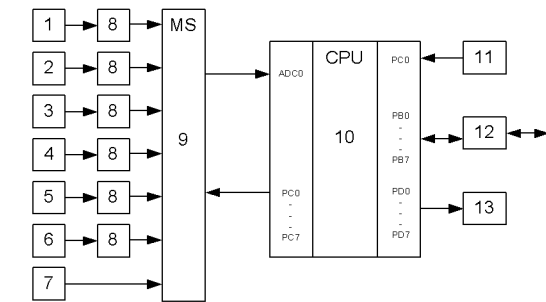


Рисунок 2 – Структурна схема системи діагностики електроприводу троллейбуса

Висновки. 1. Розроблена структурна схема і алгоритм роботи системи діагностики електроприводу дозволяє одночасно контролювати всі параметри режимів роботи електроприводу троллейбуса.

2. Діагностика обробки тягових діаграм роботи троллейбуса дозволяє на 33% знизити витрати електроенергії тяговим електроприводом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синчук О.Н., Федорченко Н.Л., Литвинський Л.Б., Федорченко Е.И. Рациональное управление троллейбусом при переменном моменте сопротивления // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 3–4 / 2008 (4). – С. 63–68.

2. Синчук О.Н., Литвинський Л.Б., Федорченко Е.И. О синергетическом подходе к созданию структуры системы бортовой диагностики троллейбуса // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – Вип. 2/2010 (61), ч. 1. – Кременчук, КДУ, 2010. – С. 18–21.

Стаття надійшла 10.04.11

Реномендовано до друку д.т.н. проф.

Сінчуком О.М.