

МІКРОПРОЦЕСОРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБУ ДЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНОГО КОЛА ЧАСТОТНО-КЕРОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

В роботі запропонована мікропроцесорна реалізація засобу для вейвлет діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода. Розроблено алгоритм функціонування засобу діагностування, та його апаратну частину, необхідну для побудови системи діагностування.

Ключові слова: вейвлет обробка сигналу, гальмівне коло, асинхронний електропривод, мікропроцесор.

A.A. BARTETSKYY

Vinnytsia National Technical University

MICROPROCESSOR IMPLEMENTATION MEANS FOR THE WAVELET DIAGNOSIS THE BREAKING CIRCUIT OF FREQUENCY-CONTROLLED ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

Abstract – The aim is to improve the reliability of the frequency-controlled asynchronous electric drive by microprocessor implementation means for diagnosing its of braking circle based on a mathematical model of wavelet processing signal.

To implement the system was developed diagnostics structural diagram of wavelet diagnosing of braking circle frequency-controlled asynchronous electric drive developed structural diagram and algorithm block wavelet diagnosing of braking circuit.

Given the complexity of information processing, to solve this problem was made selection of modern microprocessor base microcontroller namely PIC32MZ. This type of microcontroller, due to well-developed periphery makes it easy to integrate the device into the overall control system of frequency circle and provides sufficient performance during its operation.

Keywords: wavelet signal processing, braking range, asynchronous electric drive, microprocessor.

Постановка проблеми

Надійність роботи електропривода має першорядне значення як в промисловості, так і в сільському господарстві та на електротранспорті. А основою для сучасного автоматизованого енергоефективного виробництва є частотно-керований асинхронний електропривод, який застосовується в тих механізмах, де необхідне регулювання координат швидкості, положення та моменту в широкому діапазоні. За рахунок менших масо-габаритних показників та високої енергетичної ефективності, в порівнянні з іншими типами електропривода, частотно-керовані асинхронні електроприводи здобувають все більшу популярність, а сфера їх застосування стає все ширшою.

Враховуючи те, що вихід з ладу частотно-керованого асинхронного електропривода в цілому чи його компонентів може призвести до псування виробничого обладнання, зупинки виробництва, що призводить до великих матеріальних збитків, а також може становити загрозу життю чи здоров'ю робочому персоналу, або пасажирам, якщо мова йде про електротранспорт, створення пристроїв, які дозволяють проводити діагностування частотно-керованого асинхронного електропривода або їх складових, є актуальним.

Аналіз попередніх досліджень

Спосіб автоматичної діагностики системи з електроприводом [1] заснований на послідовній подачі тестових імпульсів, при цьому систему переводять в режим діагностики, при якому спочатку діагностують інформаційні канали зв'язку, блоку управління шляхом подачі тестових сигналів з виходів блоку управління на входи керуючого пристрою і аналізу керуючим пристроєм надходження тестових сигналів на своїх входах, при цьому справними інформаційними каналами зв'язку блоку управління вважаються ті канали, через які пройшли всі тестові сигнали протягом заданого часу і в заданій послідовності і завершують режим діагностики. Проте даний спосіб не дозволяє здійснювати діагностування систем електропривода безпосередньо в робочому режимі, для діагностування потрібно виводити електропривод в діагностичний режим, а діагностика гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода взагалі непередбачена, що робить такий спосіб не придатним для їх діагностування. В роботі [2] запропоновано спосіб діагностування трифазного інвертора. Принцип якого базується на використанні в якості діагностичних ознак струмів у фазах інвертора. Спосіб дозволяє виявити пошкоджену фазу, а також на основі середнього значення трифазного струму виявляються несправні силові ключі. Але автори не розглядають процесів у ланці постійного струму, і у випадку якщо перетворювач частоти обладнаний колом скиду енергії, таким способом не можливо попередити вихід із ладу силового ключа кола скиду енергії. Автори в статті [3] пропонують простий аналіз пошкоджень IGBT модуля багаторівневого інвертора для живлення асинхронно двигуна. Враховуючи те, що IGBT модуль, який виступає в якості ключового елемента гальмівного кола перетворювача частоти, працює на активне навантаження, то причини виходу з ладу IGBT модуль дещо відрізняються, як наслідок необхідно застосовувати інші методи діагностування силових IGBT модулів, що працюють в якості ключових елементів гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода.

Мета роботи

Метою роботи є підвищення надійності роботи частотно-керованого асинхронного електропривода шляхом мікропроцесорної реалізації засобу для діагностування його гальмівного кола на основі математичної моделі вейвлет-обробки сигналів.

Матеріали досліджень

В роботі [4] запропонована математична модель вейвлет діагностування гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода. Суть такого діагностування полягає в тому, що на основі аналізу можливих причин виходу із ладу компонентів гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода виділяють діагностичні ознаки, відповідно яким сформовано таблицю станів гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода (таблиця 1), в якій число «1» відповідає попаданню параметру в діапазон допустимих значень; «0» – виходу за межі зони допуску відповідної діагностичної ознаки.

Таблиця 1

Стани гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода

Стани	Діагностичні ознаки гальмівного кола				
	ΔU_C	U_{vs0}	I_g	T°_r	T°_{vs0}
Q_0	1	1	1	1	1
Q_1	1	0	1	1	0
Q_2	0	1	0	1	1
Q_3	0	0	1	1	0
Q_4	0	0	0	1	1

де Q_0 – справний стан;
 Q_1 – справний стан, з перегрівом силового модуля;
 Q_2 – несправний гальмівний резистор;
 Q_3 – критичний стан;
 Q_4 – несправний стан;
 U_{vs0} – напруга на IGBT модулі;
 I_g – струм через гальмівний резистор;
 T°_r – температура гальмівного резистора;
 T°_{vs0} – температура IGBT модуля.

В режимі реального часу, під час роботи гальмівного кола перетворювача частоти відбувається вимірювання параметрів, які виступають в якості діагностичних ознак, а саме струм через гальмівне коло I_g , напруга на конденсаторі фільтра ΔU_C , напруга U_{vs0} , і температура T°_{vs0} на силовому IGBT модулі, та температура на гальмівному резисторі T°_{vs0} . З виміряних параметрів, після перевірки діагностичних ознак на попадання в діапазон допустимих значень, формується поточний стан гальмівного кола. Для усіх табличних станів та для поточного стану застосовується пряме вейвлет перетворення Добеші 4-го порядку, в результаті чого отримуються зображення вейвлет коефіцієнтів гальмівного кола (рис. 1).

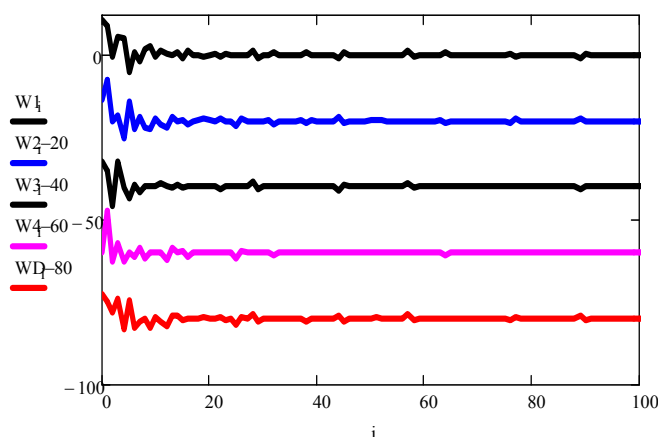


Рис. 1. Зображення вейвлет-коефіцієнтів станів гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного двигуна (WD_i – стан гальмівного кола, що діагностується)

На основі кореляційного аналізу станів гальмівного кола формується діагностичний висновок як стан з максимальним коефіцієнтом кореляції, де коефіцієнт кореляції r обчислюється за формулою

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \left[\left(W_x - \frac{W_x}{N} \right) \cdot \left(W_y - \frac{W_y}{N} \right) \right]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N-1} \left[\left(W_x - \frac{W_x}{N} \right)^2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \left(W_y - \frac{W_y}{N} \right)^2 \right]}} \quad (1)$$

де W_x, W_y – числові значення величин, між якими встановлюється кореляційний зв’язок.

Такий підхід дозволяє визначити ступінь наближення поточного стану гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода до аварійного та своєчасно попередити як вихід з ладу електропривода, так і зупинку цілого технологічного процесу.

Структурна схема мікропроцесорної системи вейвлет-діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода наведена на рис. 2.

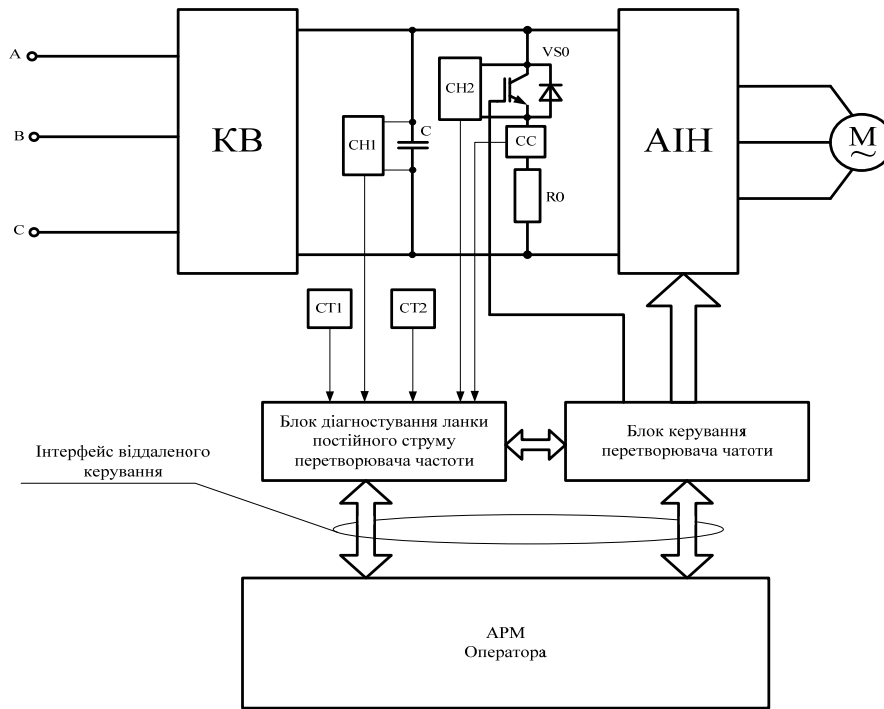


Рис. 2. Структурна схема мікропроцесорної системи вейвлет-діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода

На схемі CC – сенсор струму гальмівного кола; CH1, CH2 – сенсори напруги; CT1, CT2 – сенсори температури, KB – керований випрямляч; АИH – автономний інвертор напруги.

Структурна схема блока вейвлет-діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода зображена на рис.3.

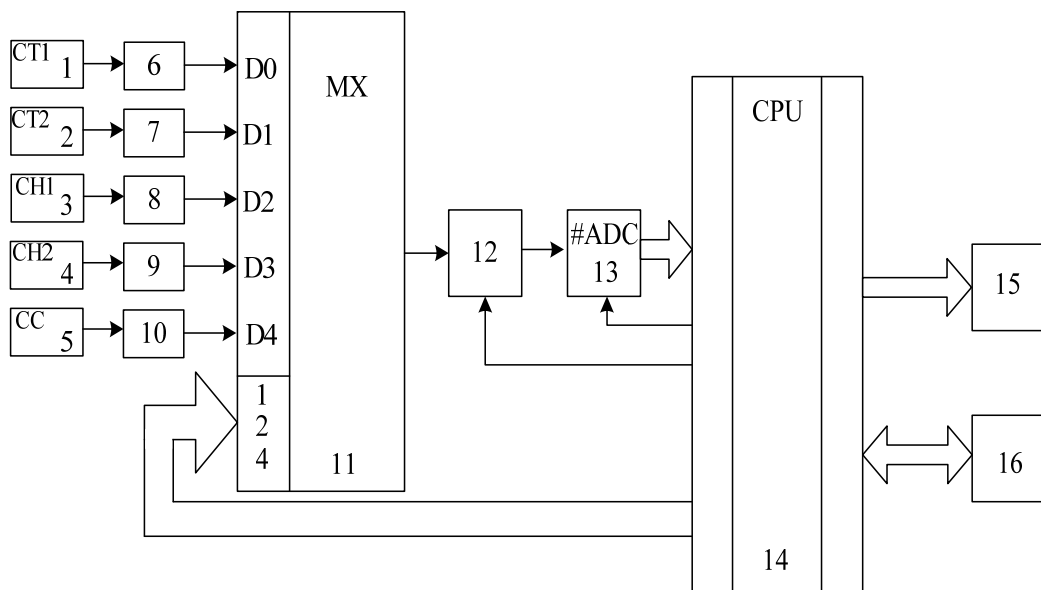


Рис. 3. Структурна схема блока вейвлет-діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода

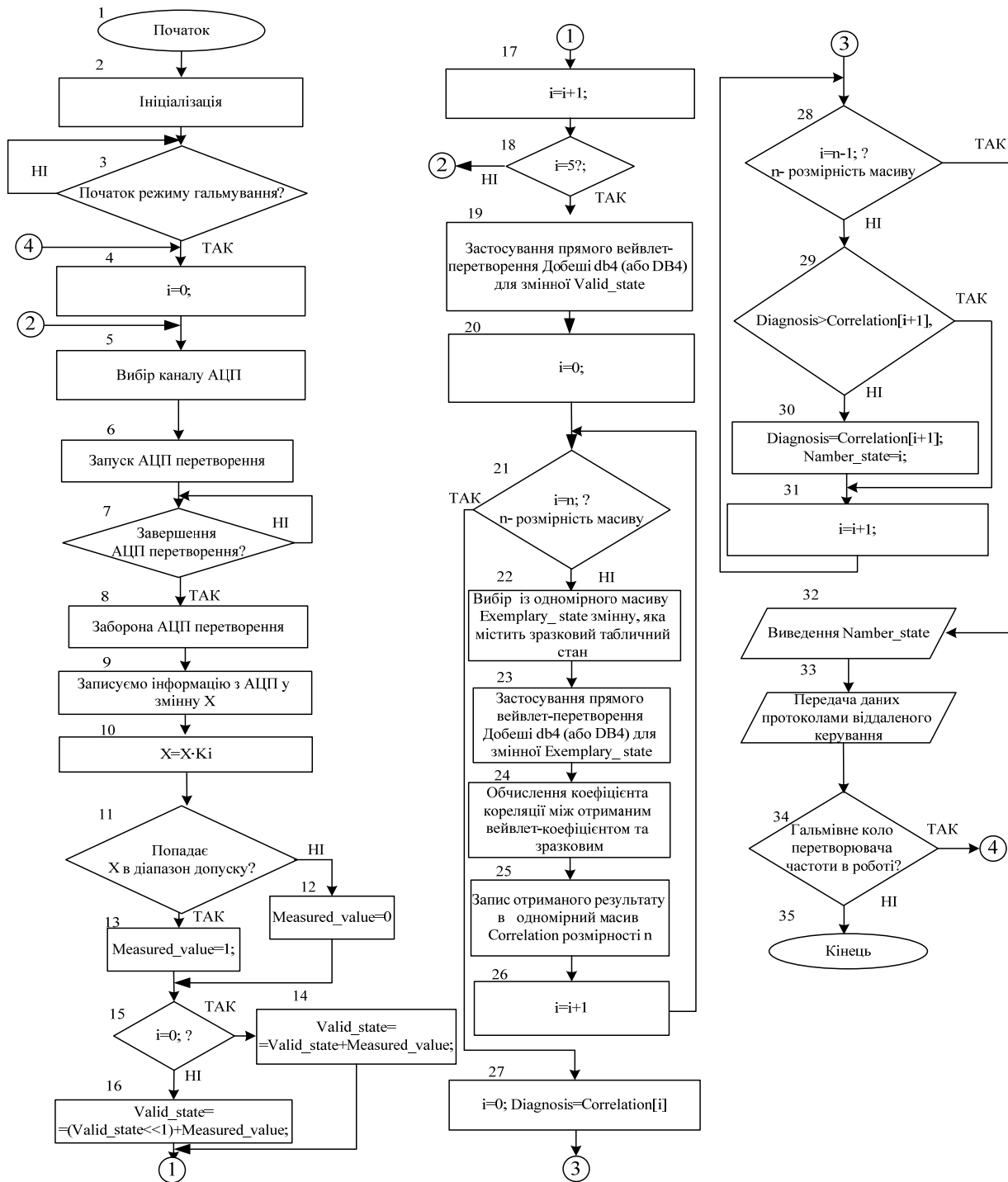


Рис. 4. Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою вейвлет-діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода

На схемі: блоки 1-5 – сенсори; 6-10 – масштабуючі перетворювачі; 11 – мультиплексор; 12 – блок вибірки-зберігання; 13 – аналогово-цифровий перетворювач (АЦП); 14 – мікропроцесор; 15 блок індикації; 16 – інтерфейсний перетворювач.

Блок діагностування гальмівного кола перетворювача частоти побудований на основі мікроконтролера, фірми Microchip PIC32MZ, на основі ядра MIPS microAptiv UP[5]. Згідно незалежного журналу Microprocessor Report, цей мікроконтролер є кращим у своєму класі, та перевершує конкуруючі мікроконтролери на основі ядр ARM [6].

Працює блок діагностування гальмівного кола так. Мікроконтролер підключає до входу АЦП відповідний канал, вимірює значення певного параметра. Після вимірювання відбувається перевірка вимірюваного параметра чи попадає він в діапазон допустимих значень. Вимірювання та обробка параметрів здійснюється аналогічно для сигналів із усіх сенсорів. В результаті вимірювань формується поточний стан гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода. Далі програмно здійснюється пряме вейвлет перетворення Добеші 4-го порядку поточного стану гальмівного кола, в результаті чого отримуються вейвлет-коефіцієнти. В результаті кореляційного аналізу вейвлет-коефіцієнтів

зразкових станів, та поточного стану гальмівного кола за діагностичний висновок вибирається результат з найбільшим коефіцієнтом кореляції

Отриманий результат відправляється по послідовному інтерфейсу в систему автоматизації вищого рівня та виводиться на пристрій індикації.

Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою вейвлет-діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода представлено на рис. 4.

Спочатку відбувається ініціалізація мікроконтролера, налаштування регістрів, портів введення-виведення інформації. Враховуючи наявність в мікроконтролері протоколів та інтерфейсів віддаленого керування, а саме Ethernet та два модуля CAN, інформацію про початок гальмування мікроконтролер отримує безпосередньо від кола частоти. У випадку, якщо на мікроконтролер поступив сигнал про початок гальмування, то у блоках 4-16 відбувається зчитування інформації із сенсорів та формування інформації про поточний стан гальмівного кола. У блоці 19 здійснюється пряме вейвлет перетворення Добеші 4-го порядку поточного стану гальмівного кола, внаслідок блоками 21-26 здійснюється кореляційний аналіз поточного стану гальмівного кола із кожним зразковим почергово. Блоками 27-31 здійснюється вибір результату з найбільшим коефіцієнтом кореляції. Блоками 32 – 33 здійснюється виведення інформації на пристрій індикації та передача інформації до АРМ оператора.

Висновки

Запропоновано мікропроцесорний пристрій для реалізації системи вейвлет діагностування гальмівного кола частотно-керованого асинхронного електропривода. Здійснено синтез апаратного та програмного забезпечення, необхідного для реалізації мікропроцесорною засобу діагностування. Враховуючи складність обробки інформації, для вирішення даної задачі було здійснено вибір сучасної мікропроцесорної бази, а саме мікроконтролер PIC32MZ. Даний тип мікроконтролера, за рахунок добре розвиненої периферії, дає можливість легко інтегрувати пристрій в загальну систему керування кола частоти, та забезпечує достатню швидкодію в процесі його експлуатації.

Література

1. Пат. РФ, МПК G05B23/02 (2006.01) Способ автоматической диагностики системы с электроприводом/ Сидоров Р. С., Хлыст С. В., Иванов А. Г., Кириченко М. Н., Пшеничников П. А., Замулин В.И., Дубровин А. Н., Лоскутов И. В., Петряев А. В., Сватов Н. С., - №2533877, бюл. №32, 20.11.14.
2. Mala RatanUbale, Open switch fault diagnosis in three phase inverter using diagnostic variable method/ Mala RatanUbale , R. B. Dhumale , S. D. Lokhande / International Journal of Research in Engineering and Technology/ Volume: 02 Issue: 12, Dec.-2013.
3. M. Dilip Kumar, Fault Analysis of Three Phase Inverter with Induction Motor Load/ M. Dilip Kumar , Dr. S. F Kodad , Dr. B. Sarvesh/ 3 rd International Conference on Electrical, Electronics, Engineering Trends, Communication, Optimization and Sciences (EEECOS)-2016, pp.523-528
4. Грабко В. В. Вейвлет діагностування гальмівного кола перетворювача частотно-керованого асинхронного електропривода/ В. В. Грабко, С. М. Левицький, А. А. Бартецький. – Енерго-та ресурсозберігаючі технології. – №1(2015). – С.9 – 13.
5. PIC32MZEmbeddedConnectivity, Technical Reference Manual – [Електроний ресурс]. Режим доступу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/60001191F.pdf>
6. MicroprocessorReport– [Електроний ресурс].Режим доступу: <http://www.linleygroup.com/mpr/>

References

1. Pat RF MPK, МПКG05B23/02 (2006.01)Sposob avtomaticheskoy diagnostiki sistemyi s elektroprivodom/ Sidorov R. S., Hlyist S. V., Ivanov A. G., Kirichenko M. N., Pshenichnikov P. A., Zamulin V.I., Dubrovin A. N., Loskutov I. V., Petryaev A. V., Svatov N. S., - №2533877, Biul. №32, 20.11.2014 [inRussian]
2. Mala RatanUbale, Open switch fault diagnosis in three phase inverter using diagnostic variable method/ Mala RatanUbale , R. B. Dhumale , S. D. Lokhande/ International Journal of Research in Engineering and Technology/ Volume: 02 Issue: 12, Dec.-2013.
3. M. Dilip Kumar, Fault Analysis of Three Phase Inverter with Induction Motor Load/ M. Dilip Kumar , Dr. S. F Kodad , Dr. B. Sarvesh/ 3 rd International Conference on Electrical, Electronics, Engineering Trends, Communication, Optimization and Sciences (EEECOS)-2016, pp.523-528
4. Grabko V. V. Veyvlet diagnostuvannya galmivnogo kola peretvoryuvacha chastotno-kerovanogo asinhronnogo elektroprivoda/ V. V. Grabko, S. M. Levitskiy, A. A. Bartetskiy– Energo-ta resurso zberigayuchi tehnologiyi. – №1(2015). – С. 9 – 13. [inUkrainian]
5. PIC32MZEmbeddedConnectivity, TechnicalReferenceManual – [Elektroni resurs]. Rezhym dostupu: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/60001191F.pdf>
6. Microprocessor Report– [Elektroni resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.linleygroup.com/mpr/>

Рецензія/Peer review : 26.10.2016 р.

Надрукована/Printed : 8.11.2016 р.

Стаття рецензована редакційною колегією