

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ ОЦІНКИ ЯКОСТІ КОМУТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ У ВИГЛЯДІ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ПРОЦЕСОРА

Запропоновано метод реалізації пристрою непрямого контролю якості комутації електричних машин постійного струму, який вирішує багато екстремальну задачу пошуку глобального максимуму функції правдоподібності оцінки параметрів іскріння. Наведена структурна схема модулів обчислення багатоканального процесора та розглянуто алгоритм його роботи.

Ключові слова: електрична машина, якість комутації, ступінь іскріння, модуль обчислення, багатоканальний процесор.

Постановка проблеми

Своєчасне одержання точної діагностичної інформації щодо якості комутації електричних машин постійного струму є одним з найважливіших факторів, що визначають їхні експлуатаційні характеристики. При цьому, теоретичний опис виникнення, розвиток і згасання іскр на колекторі являє собою складну задачу [1]. Це дозволяє зробити висновок про доцільність проведення подальшого аналізу складових елементів процесу комутації з метою визначення нових методів реалізації пристроїв непрямого контролю якості роботи електродвигунів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У попередніх дослідженнях [2-5] були розглянуті підходи до визначення якості комутації на базі оцінки ступеня іскріння на колекторі електричних машин постійного струму. Завдання підвищення точності виявлення ступеня іскріння тягових електродвигунів розглянуто у роботах [6,7]. Синтезу оптимального приймача іскрової компоненти струму тягового двигуна із застосуванням нейромереж присвячена робота [8]. При даних дослідженнях для розв'язання поставленого завдання доцільним є використання як апаратних, так і програмних засобів. Таким чином, метою досліджень є реалізація пристрою оцінки якості комутації електричних машин постійного струму у вигляді багатоканального процесора.

Виклад основного матеріалу

Найбільшу інформацію про якість комутації несе залежність струму секції $i(t)$, що комутується, від часу. Ступінь іскріння на колекторі є інтегральним показником. Однак оцінка її інтегрального рівня не дозволяє визначити якість комутації кожної окремо взятої секції обмотки

якості. Тому у роботі [1,2] запропоновано при формуванні моделі пакета іскр абстрагуватися від його багатопіковості і представити у вигляді одиночного імпульсу, параметри якого однозначно визначають його енергію

$$i(t) = \begin{cases} Ate^{-\gamma t}, & t \geq 0; \\ 0, & t < 0. \end{cases} \quad (1)$$

де A – швидкість наростання струму в момент $t = 0$; γ – множник тимчасового масштабу.

При цьому, для оцінки параметрів A і γ моделі (1) стосовно до періодичної комутації секції при роботі двигуна використані: оцінка параметрів пакета іскр за методом максимальної правдоподібності $\rho(u | \vec{a}) = \rho(u | A, \gamma)$ та оцінка параметрів іскріння з виключенням неінформативного параметра. Для розглянутого випадку логарифм функції правдоподібності $\rho(u | \vec{a})$ описується співвідношенням [2-4]:

$$\rho(u | \vec{a}) = \rho(u | A, \gamma) = \ln \left\{ T + \frac{2MA}{N_0} \cdot \left[\frac{e^{\gamma T} - 1}{\gamma} U_1(\gamma) + \frac{1 + e^{\gamma T} (\gamma T - 1)}{\gamma} U_2(\gamma) \right] \right\} - \mu(A, \gamma) \quad (2)$$

Тут енергетичне відношення “сигнал/перешкода”

$$\mu = \frac{8M^2 A^2}{8\gamma N_0} \left\{ e^{-2\gamma T_1} [(1 - 2\gamma T_1)^2 + 1] - e^{-2\gamma T_2} [(1 - 2\gamma T_2)^2 + 1] \right\} \quad (3)$$

де T_1 , T_2 – відповідно момент початку та момент закінчення спостереження;

N_0 – спектральна щільність потужності перешкод.

Крім того, у виразі (2) $U_1(\gamma)$ та $U_2(\gamma)$ є деякими зваженими інтегралами за часом від спостереження $u(t)$.

Задача пошуку $\max_{A, \gamma} \rho(u|A, \gamma)$ може бути розв'язана як апаратними засобами, так і програмними. При її розв'язанні апаратними засобами найбільш надійним шляхом представляється обчислення залежності $\rho(u|A, \gamma)$ на дискретній множині пар значень параметрів A і γ , яка цілком покриває області прийнятих ними значень, і наступний вибір пари (A_m, γ_n) , що доставляє максимум функції $\rho(u|A, \gamma)$ [2–4].

Такий підхід приводить до реалізації пристрою оцінки у вигляді багатоканального процесора, структурна схема якого представлена на рис. 1. Кожний з модулів обчислення величини $\rho(u|A_i, \gamma_i)$ має структуру, представлену на рис. 2.

При розв'язанні задачі програмними засобами глобальний максимум також шукають на безлічі дискретних значень параметрів A і γ . Розвинута логічна структура обчислювальних процесів, що реалізують програмний пошук глобального екстремуму [8, 9], може бути реалізована тільки на базі досить продуктивних ЕОМ. Тому вхідна реалізація $u(t) (t \in [T_1, T_2])$ повинна бути попередньо продискретизована за часом із кроком Δt , потім кожен відлік повинний бути підданий аналого-цифровому перетворенню. Після цього отриманий одномірний масив даних $\{u_k = u(k\Delta t), k = 1, \dots, k\}$ готовий до обробки з метою пошуку глобального екстремуму. Структура процесу оцінювання \hat{A} і $\hat{\gamma}$ на основі програмних засобів наведена на рис. 3.

Обидва описані варіанти розв'язання забезпечують одержання оцінок \hat{A} і $\hat{\gamma}$ за методом максимальної правдоподібності в припущенні, що час t_3 затримки сигнальної складової спостереження $u(t)$ є несуттєвим випадковим параметром. Як відомо, оцінки, отримані в такому припущенні, поступаються за точністю оцінкам, отриманим у результаті спільного оцінювання всіх невідомих параметрів.

Однак розглянемо витратний аспект спільного оцінювання A , γ і t_3 . Оскільки смуга сигналу лежить у межах від декількох герців до 20 МГц [11], то частота дискретизації повинна бути як мінімум 40 МГц $T \approx 10^{-3}$. Тривалість пакета іскор має величину порядку періоду комутації [12].

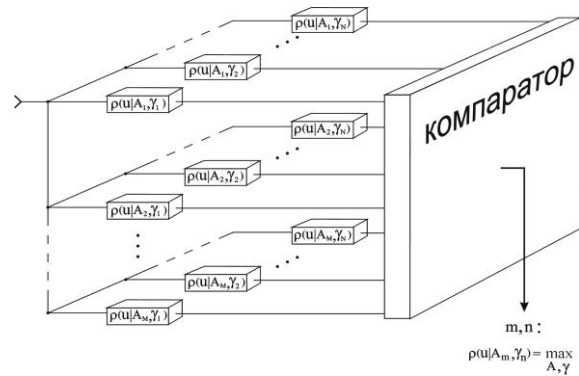


Рис. 1 – Реалізація пристрою оцінки параметрів іскріння

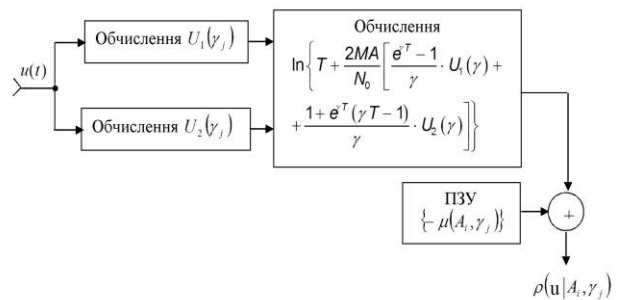


Рис. 2 – Структурна схема модулів обчислення багатоканального процесора

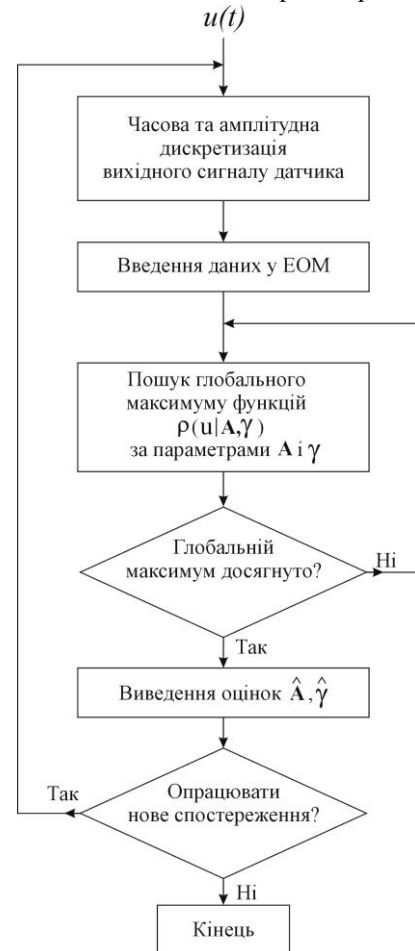


Рис. 3 – Алгоритм роботи багатоканального процесора

Висновки

Реалізація \mathbf{u} складається приблизно з $40 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} = 40 \cdot 10^3$ відліків. Величина t_3 може змінюватися з дискретністю в один відлік. Для кожного значення t_{3i} необхідно обчислити $\rho(u|A, \gamma, t_{3i})$ при фіксованих A і γ . Отже, при апаратурній реалізації число каналів процесора, подібного до зображеного на рис. 2, складе $40 \cdot 10^3 \cdot M \cdot N$, тобто буде потрібно $40 \cdot 10^3$ таких процесорів, що неприйнятно. Можна також показати, що і при програмній реалізації обчислювальні витрати видадуться занадто великими. Виходить, необхідно розглянути можливі шляхи досить точної оцінки параметрів \hat{A} і $\hat{\gamma}$ пакета іскор, що забезпечують прийнятний рівень апаратурних витрат і (чи) обчислювальних ресурсів.

Література

1. Лозанский Э.Д., Фирсов О.Б. Теория искры. - М.: Атомиздат, 1975. - 272 с.
2. Блиндюк В.С. Визначення якості комутації на базі оцінки ступеня іскріння на колекторі // Міжвуз. зб. наук. пр. - Вип.45. - Харків: ХарДАЗТ, 2001. - С.88-94.
3. Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Давиденко М.Г., Соболев Ю.В. До оцінки ступеню іскріння на колекторі тягових двигунів // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2001. - №5. - С.78-80.
4. Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Давиденко М.Г., Соболев Ю.В. Математическая модель процесса коммутации электрических машин постоянного тока // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2000. - №5. - С.80-83.
5. Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Давиденко М.Г., Соболев Ю.В. Математическая модель процесса коммутации электрических машин постоянного тока. Часть 2. Оценка параметров модели // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2001. - №2. - С.112-115.
6. Блиндюк В.С. Вплив процесу комутації на часову структуру струму живлення тягових двигунів електропоїздів [Текст] / В.С. Блиндюк // зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2012. - Вип. 133. - С. 357-372.
7. Блиндюк В.С. Визначення ступеня іскріння тягових електродвигунів моторвагонного рухомого складу [Текст] / В.С. Блиндюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2012. - № 6 (97). - С. 63-69.
8. Блиндюк В.С. Синтез оптимального приймача іскрової компоненти струму тягового двигуна [Текст] / В.С. Блиндюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2013. - № 1. - С. 82-88.
9. Радиотехнические системы / Ю.М.Казаринов, Ю.А.Коломенский, Ю.К.Пестов и др./ Под ред. Ю.М.Казаринова. - М.: Сов.радио, 1968. - 494 с.
10. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток. - М.: Радио и связь, 1985. - 248 с. с.
11. Ван Схоневелд К., Сондаг М. Спектральный анализ: о применении взвешивания данных к результатам Кея и Марпла. - ТИИЭР. - 1983. - т. 71, №6. - с. 102-104.
12. Вольдек А.И. Электрические машины. - Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1978. - 832 с.

References

1. Lozanskyi, E. D., Fyrsov, O. B. (1975). *Teoriya iskry*. Atomizdat, 272.
2. Blinduk, V. S. (2001). *Vyznachennia yakosti komutatsii na bazi otsinky stupenia iskrinnia na kolektori*. Mizhvuzivskiy zbirnyk naukovykh prats, 45, 88-94.
3. Babaev, M. M., Blinduk, V. S., Davydenko, M. H., Sobolev, Y. V. (2001). *Do otsinky stupeniu iskrinnia na kolektori tiahovykh dvyhunyv*. Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti, 5, 78-80.
4. Babaev, M. M., Blinduk, V. S., Davydenko, M. H., Sobolev, Y. V. (2000). *Matematycheskaia model protsessa kommutatsyy elektrycheskykh mashyn postoiannoho toka*. Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti, 5, 80-83.
5. Babaev, M. M., Blinduk, V. S., Davydenko, M. H., Sobolev, Y. V. (2001). *Matematycheskaia model protsessa kommutatsyy elektrycheskykh mashyn postoiannoho toka. Chast 2. Otsenka parametrov modely*. Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti, 2, 112-115.
6. Blinduk, V. S. (2012). *Vplyv protsesu komutatsii na chasovu strukturu strumu zhyvlennia tiahovykh dvyhunyv elektropoizdiv*. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu, 133, 357-372.
7. Blinduk, V. S. (2012). *Vyznachennia stupenia iskrinnia tiahovykh elektrodvynunyv motorvahonnoho rukhomoho skladu*. Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti, 6 (97), 63-69.
8. Blinduk, V. S. (2013). *Syntezy optimalnogo pryimacha iskrovoi komponenty strumu tiahovoho dvyhuna*. Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti, 1, 82-88.
9. Kazarynov, Y. M., Kolomenskyi, Y. A., Pestov, Y. K. (1968). *Radyotekhnicheskye systemy*. Sovetskoe radio, 494.
10. Nussbaumer, H. (1985). *Bystroie preobrazovanye Fure i alhorytmy vychysleniya svertok*. Radyo i sviaz, 248.
11. Van Skhoneveld, K., Sondah, M. (1983). *Spektralnyi analiz: o pryumenenyy vzveshyvaniya dannykh k rezultatam Keia i Marpla*. Trudy instituta inzhenerov po elektrotekhnike i elektronike, 6, 102-104.
12. Voldek, A. Y. (1978). *Elektrycheskye mashyny*. Energiya, 832.

Автор: БЛИНДЮК Василь Степанович

Український державний університет залізничного транспорту, Харків, доктор технічних наук, професор кафедри електротехніки та електричних машин.

E-mail – eltech@kart.edu.ua

РЕАЛИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОММУТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВИДЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА

Блиндюк В.С.

Предложен метод реализации устройства косвенного контроля качества коммутации электрических машин постоянного тока, который решает много экстремальную задачу поиска глобального максимума функции правдоподобия оценки параметров искрения. Приведена структурная схема модулей вычисления многоканального процессора и рассмотрен алгоритм его работы.

Ключевые слова: электрическая машина, качество коммутации, степень искрения, модуль вычисления, многоканальный процессор.

IMPLEMENTATION OF THE DEVICE ASSESSMENT OF SWITCHING QUALITY OF ELECTRICAL MACHINES OF THE DIRECT CURRENT IN THE FORM OF THE MULTICHANNEL PROCESSOR

V.S. Blinduk

The implementation method of the indirect quality control device of switching of electrical machines of a direct current which solves a multiextreme problem of search of a global maximum of function of credibility of an assessment of parameters of sparking is offered. The block diagram of modules of calculation of the multichannel processor is provided and the algorithm of its work is considered. It is shown that the developed logical structure of computation processes which realize program search of a global extremum can be implemented only on the basis of enough productive computers. Therefore entrance implementation of required function should be previously diskretized on time with the set step, and then each counting should be transformed to a digital code. The one-dimensional data file received as a result of these transformations is ready to processing for the purpose of search of a global extremum. The offered version of the solution of an objective provides required estimates by method of maximum likelihood in the assumption that the delay time of an alarm component of observation is insignificant accidental parameter.

Keywords: electrical machine, quality of switching, extent of sparking, calculation module, multichannel processor