

УДК 681.518.54:62—8

С. М. Бабій, асп.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАКТІВ КЕРУВАННЯ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРИВОДА

Запропоновано математичну модель діагностування трактів керування в системах електричного привода, для підвищення якості діагностування шляхом реалізації прискореного пошуку вимірювального каналу, в колі якого рівень сигналу є найпідозрілішим. Запропоновано відповідну структурну схему мікропроцесорного пристрою діагностування та розроблено алгоритм його роботи.

Постановка задачі

Технологія сучасного виробництва вимагає забезпечення оптимальних параметрів виробничого процесу та законів їх зміни в часі, що є досить складною задачею, розв'язання якої покладено на системи автоматичного керування.

Відхилення від нормального режиму роботи такого обладнання спричиняє недопустиму зміну параметрів виробничого процесу і, як наслідок, погіршення якості виробленої продукції, що також є недопустимим. Тому виникає необхідність ведення спостереження за технічним станом систем керування не лише під час планових перевірок, але й безпосередньо під час експлуатації.

Деякі аспекти вирішення цієї проблеми розглянуті в роботах [1—5].

Так в роботах [4, 5] розроблено математичну модель діагностування систем керування електричним приводом (ЕП) в процесі роботи, а також синтезовано відповідну структурну схему пристрою діагностування. Їх загальними недоліками є необхідність проведення детального аналізу параметрів в кожному вимірювальному каналі, а також значні складнощі, що виникають під час формування рухомих границь області допустимих значень для кожного з діагностичних параметрів. Вказані недоліки спричиняють недостатню швидкість системи діагностування, що призводить до погіршення якості діагностування.

Метою дослідження є підвищення якості діагностування шляхом розробки математичної моделі діагностування трактів керування в системах ЕП, яка забезпечує прискорений пошук вимірювального каналу, в колі якого рівень сигналу є найпідозріліший, та синтез відповідної структури мікропроцесорного пристрою діагностування трактів керування.

Розробка математичної моделі діагностування трактів керування

Система керування є достатньо складним технічним пристроєм, в структурі якого можна виділити декілька точок (зазвичай виходи регуляторів та перетворювачів сигналів в контурах зворотних зв'язків), аналіз параметрів сигналів в яких дозволяє робити висновок про фактичний технічний стан системи в цілому. Оскільки закономірності зміни даних діагностичних параметрів не однакові, то ускладнюється задача формування границь областей допустимих значень параметрів. У зв'язку з цим пропонується здійснити перехід від безпосереднього аналізу діагностичних параметрів до аналізу сигналів, які б характеризували точність відпрацювання вхідних задавальних впливів і були виражені у відносних одиницях, що дозволить сформулювати незмінні в часі границі їх допустимих значень.

Відповідна математична модель сигналів має вигляд

$$\begin{cases} i = \overline{1, n}; \\ \varepsilon_i = \frac{x_i - x_{\text{НОМ}_i}}{x_{\text{НОМ}_i}}, \quad \varepsilon_i \in [-1, 1], \end{cases} \quad (1)$$

де n — кількість діагностованих блоків системи керування; ε_i — точність відпрацювання задавального впливу i -м блоком у фіксований момент часу t ; x_i — значення діагностичного параметра на виході i -го блока об'єкта діагностування в фіксований момент часу t ; $x_{\text{НОМ}_i}$ — номінальне значення

діагностичного параметра на виході i -го блоку об'єкта діагностування у фіксований момент часу t .

Процедура прискореного пошуку може бути подана в вигляді сукупності логічних правил:

1. Вихідними сигналами вимірювальних каналів є сигнали ε_i , які характеризують точність відпрацювання задавального впливу і виражені у відносних одиницях.

2. Під час сканування першого вимірювального каналу вимірюваному значенню сигналу умовно присвоюється статус «поточного екстремального», тобто того, який на даному етапі є максимальним

$$\begin{cases} i = 1, j = 1; \\ \varepsilon_{\max j} = |\varepsilon_i|, \end{cases} \quad (2)$$

де $\varepsilon_{\max j}$ — поточне екстремальне значення параметра в даному циклі сканування, причому індекс j характеризує той блок об'єкта діагностування, вихідний сигнал якого є екстремальним у даному циклі сканування.

3. Оскільки робота об'єкта діагностування з параметрами сигналів, які знаходяться за межами граничного поля допуску (ГПД), є неприпустимою через те, що його подальша експлуатація може призвести до значних аварій, то наступним кроком є перевірка виходу поточного екстремального діагностичного параметра за вказані межі. Якщо факт виходу встановлено, то одразу ж формується висновок про характер несправності в даному блоці об'єкта діагностування

$$\begin{cases} x_j \rightarrow \text{const } 1, & \text{якщо} \begin{cases} \varepsilon_{\max j} \geq \varepsilon_{\text{гр}}; \\ \varepsilon_j > 0; \end{cases} \\ x_j \rightarrow \text{const } 0, & \text{якщо} \begin{cases} \varepsilon_{\max j} \geq \varepsilon_{\text{гр}}; \\ \varepsilon_j < 0, \end{cases} \end{cases} \quad (3)$$

де $\varepsilon_{\text{гр}}$ — гранично допустиме значення відхилення параметра від його номінального значення по відношенню до ГПД.

Вираз $\text{const } 1$ означає, що на виході i -го блоку з'являється сталий максимально можливий вихідний сигнал; $\text{const } 0$ — на виході i -го блоку з'являється сталий мінімально можливий або взагалі відсутній вихідний сигнал.

4. У випадку невиконання жодної з умов (3) відбувається переключення на наступний вимірювальний канал. При цьому, якщо рівень сигналу ε в $(i + 1)$ -му вимірювальному каналі перевищує значення поточного екстремального, то йому присвоюється статус «нового екстремального» сигналу

$$\begin{cases} i = i + 1; \\ |\varepsilon_i| > \varepsilon_{\max j} \Rightarrow \begin{cases} j = i; \\ \varepsilon_{\max j} = |\varepsilon_i|. \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$

5. Якщо виконується умова (4), то відбувається перехід до перевірки умов (3), в іншому випадку параметр знаходиться в межах екстремального поля допуску і не береться до уваги на даному етапі

$$0 \leq |\varepsilon_i| < \varepsilon_{\text{гр}}. \quad (5)$$

Далі відбувається переключення на наступний вимірювальний канал (4), після чого процедура аналізу повторюється.

Якщо повний цикл сканування завершено, то здійснюється перевірка рівня поточного екстремального сигналу, зафіксованого в j -му вимірювальному каналі, відносно гранично допустимого значення основного поля допуску (ОПД).

$$\varepsilon_{\max j} \geq \varepsilon_{\text{доп}}, \quad (6)$$

де $\varepsilon_{\text{доп}}$ — гранично допустиме значення відхилення параметра від його номінального значення по відношенню до ОПД.

7. Якщо виконується умова (6), то здійснюється перевірка на можливість виникнення несправ-

ності типу const 1 та const 0, наявність обривів, а також збою в роботі об'єкта діагностування.

Якщо жодна із зазначених умов не виконується, то відбувається перехід до нового циклу сканування.

Враховуючи зазначені міркування, математична модель діагностування трактів керування в системах ЕП в процесі роботи, що реалізує алгоритм прискореного пошуку вимірювального каналу, в колі якого виявлено підозрілий рівень сигналу, матиме вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} i = \overline{1, n}, \quad k = 1, \quad v = 1; \\ \varepsilon_i = \frac{x_i - x_{\text{НОМ}_i}}{x_{\text{НОМ}_i}}, \quad \varepsilon_i \in [-1, 1]; \\ \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_i > 0, \quad \text{якщо } x_i > x_{\text{НОМ}_i}; \\ \varepsilon_i < 0, \quad \text{якщо } x_i < x_{\text{НОМ}_i}; \\ \varepsilon_i = 0, \quad \text{якщо } x_i = x_{\text{НОМ}_i}; \end{array} \right. \\ \varepsilon_{\max_j} = \begin{cases} |\varepsilon_i|, & \text{якщо } i = 1; \\ |\varepsilon_{i+1}|, & \text{якщо } |\varepsilon_{i+1}| > |\varepsilon_i|; \end{cases} \\ x_j \rightarrow \text{const } 1, \quad \text{якщо } \begin{cases} \varepsilon_{\max_j} \geq \varepsilon_{\text{ГР}}; \\ \varepsilon_j > 0; \end{cases} \\ x_j \rightarrow \text{const } 0, \quad \text{якщо } \begin{cases} \varepsilon_{\max_j} \geq \varepsilon_{\text{ГР}}; \\ \varepsilon_j < 0; \end{cases} \\ x_j \rightarrow \text{var (const } 1), \quad \text{якщо } \begin{cases} i = n; \\ \varepsilon_{\max_j} \geq \varepsilon_{\text{доп}}; \\ |\varepsilon_j| \rightarrow m, \quad m \geq q; \\ \varepsilon_j > 0; \end{cases} \\ x_j \rightarrow \text{var (const } 0), \quad \text{якщо } \begin{cases} i = n; \\ \varepsilon_{\max_j} \geq \varepsilon_{\text{доп}}; \\ |\varepsilon_j| \rightarrow m, \quad m \geq q; \\ \varepsilon_j < 0, \end{cases} \end{array} \right. \quad (7)$$

де k — сигнал з виходу сенсора комутації, що свідчить про положення комутаційного апарата, яким напруга живлення подається на об'єкт діагностування; v — сигнал з виходу сенсора живлення блоків об'єкта діагностування; ε_{i+1} — точність відпрацювання задавального впливу $(i + 1)$ -м блоком об'єкта діагностування; m — кількість перевищень параметром меж основного поля допуску протягом часу, який відведено на діагностування одного вимірювального каналу; q — граничне значення, яке визначає необхідну кількість перевищень параметром меж ОПД (для виявлення несправності) протягом часу, відведеного на діагностування одного вимірювального каналу.

Аналіз даної математичної моделі дозволяє зробити висновок, що для технічної реалізації відповідного пристрою діагностування необхідно передбачити опитування n вимірювальних каналів з можливістю розпізнавання знаку сигналу, а також сенсорів комутації та напруги живлення. Окрім цього необхідно забезпечити обробку інформації та виведення її на екран для візуального контролю стану досліджуваного об'єкта, а також зв'язок з ПЕОМ верхнього рівня для збереження та подальшої обробки інформації.

Розробка структури мікропроцесорного пристрою діагностування

Здійснено реалізацію пристрою діагностування трактів керування у системах ЕП на базі типового мікроконтролера, наприклад, AT mega 128 фірми Atmel [6]. Структурна схема пристрою показана на рис. 1.

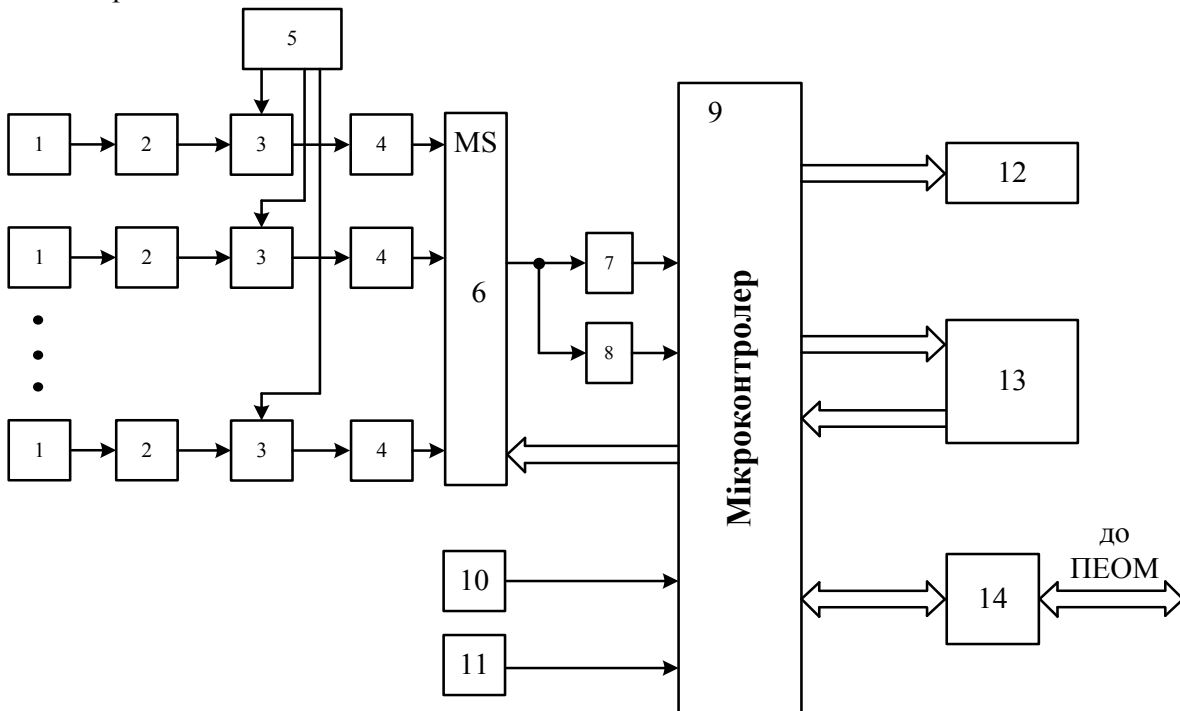


Рис. 1. Структурна схема пристрою діагностування трактів керування в системах ЕП

Сигнали з виходу сенсорів параметрів 1, які відповідають значенню напруги на виході i -х блоків системи керування, подаються через перетворювачі сигналів 2, що перетворюють напругу вхідних сигналів до рівня, необхідного для нормальної роботи мікроконтролера 9, надходять на перші входи подільників сигналів 3, на другі входи яких надходять відповідні номінальні рівні сигналів з виходів моделі 5, яка відображає структуру діагностованих блоків. При чому обмін сигналами між пристроєм діагностування, об'єктом діагностування та моделлю 5 через сенсори параметрів 1 та перетворювачі сигналів 2 реалізовано таким чином, щоб компенсувати вплив похибки роботи окремих діагностованих блоків на значення номінальних рівнів сигналів для наступних діагностованих блоків. Сигнали з виходу подільників сигналів 3 подаються на відповідні входи мультиплектора 6 через блоки декрементування 4. Сигнал з виходу мультиплектора 6 подається через блок виділення модуля 7 на вхід АЦП мікроконтролера 9, а також через блок розпізнавання знаку сигналу 8 на порт PB0. Сигнали з виходів сенсора комутації 10 та сенсора напруги живлення 11 подаються на порти PB1 та PB2 відповідно.

Мікроконтролер 9 здійснює почергове підключення кожного вимірювального каналу через мультиплексор 6 і відпрацьовує отримані сигнали згідно закладеного алгоритму роботи. Для керування роботою пристрою застосовується клавіатура 13 та матричний програмований індикатор 12. За допомогою перетворювача рівнів сигналів 14 забезпечується зв'язок з ПЕОМ верхнього рівня.

Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою діагностування трактів керування показано на рис. 2.

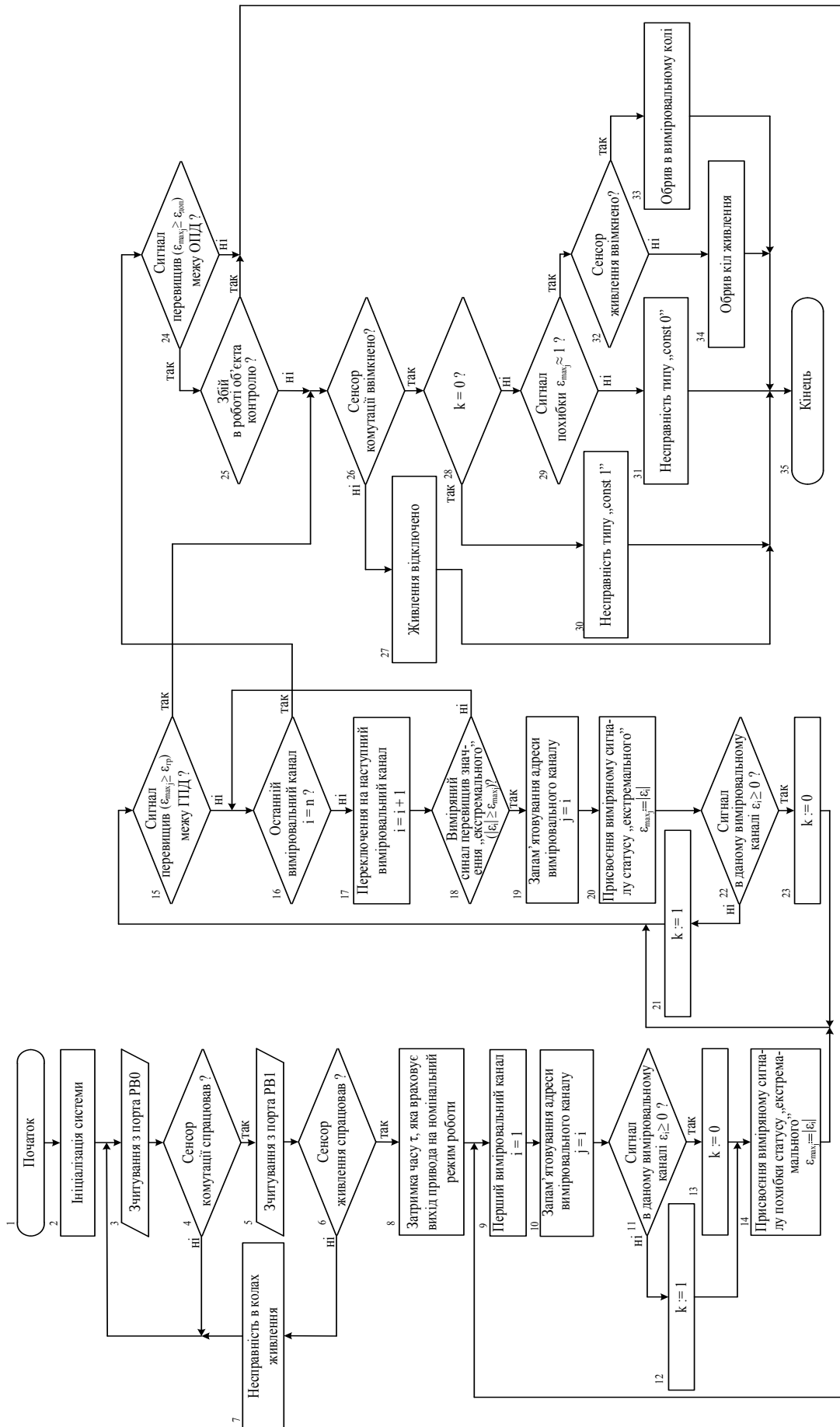


Рис. 2. Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою діагностування трактів керування в системах ЕП

Алгоритм роботи пристрою містить такі складові: 3, 4, 5, 6 — здійснюють перевірку умов для запуску системи; 7 — індикація стану системи в момент запуску у разі несправності кіл живлення; 8 — затримка часу на запуск привода; 9, 10 — настройка на перший вимірювальний канал та запам'ятовування його адреси; 11—13 — розпізнавання знаку сигналу у даному вимірювальному каналі; 14, 15 — присвоєння вимірюваному сигналу статусу «екстремального» та перевірка умови виходу параметра за межу ГПД; 16 — перевірка умови закінчення повного циклу сканування; 17 — переключення на наступний вимірювальний канал; 18 — перевірка умови перевищення сигналом в даному вимірювальному каналі поточного екстремального значення сигналу; 19—23 — присвоєння вимірюваному сигналу статусу «екстремального», запам'ятовування адреси даного вимірювального каналу та розпізнавання знаку сигналу; 24 — перевірка умови, яка визначає необхідність проведення етапу детального аналізу вимірювального каналу, в колі якого був зафіксований максимальний рівень сигналу за повний цикл сканування; 25 — перевірка на збій в роботі об'єкта діагностування; 26, 27 — забезпечують припинення роботи пристрою у разі відключення об'єкта діагностування; 28—34 — забезпечують розпізнавання та індикацію станів системи у разі виходу параметра за встановлені межі, у разі виникнення обривів у вимірювальному каналі або колах живлення елементів об'єкта діагностування.

Висновки

1. Розроблено математичну модель діагностування трактів керування у системах електричного приводу, яка завдяки реалізації алгоритму прискореного пошуку вимірювального каналу, в колі якого виявлено підозрілий рівень сигналу, та спрощенню процедури формування границь областей допустимих значень параметрів дозволяє підвищити якість діагностування трактів керування.

2. Запропоновано мікропроцесорну реалізацію та алгоритм роботи відповідного пристрою діагностування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутін В. М., Луцяк В. В., Матвієнко С. В. Підвищення якості діагностичних процедур складних систем автоматичного керування // Вісник КДПУ. — 2007. — № 3, частина 2. — С. 137—138.
2. А. с. 1273886 СССР, МКИ G 05 B 23/02. Устройство для контроля системы управления электроприводом / Л. И. Цытович, В. А. Дегтярев, Н. В. Поваров, Р. М. Рахматулин (СССР). — № 3848770/24-24; Заявлено 23.01.85; Опубл. 30.11.86, Бюл. № 44. — 5 с.
3. А. с. 1481717 СССР, МКИ G 05 B 23/02. Устройство для функционального контроля электропривода / Ю. Б. Шварцман (СССР). — № 4297009/24—24; Заявлено 25.08.87; Опубл. 23.05.89, Бюл. № 19. — 7 с.
4. Грабко В. В., Бабій С. М. Математична модель діагностичного контролю діючих систем керування електричним приводом // Вісник КДПУ. — 2006. — № 4, частина 1. — С. 139—140.
5. Грабко В. В., Бабій С. М. Синтез структури системи для діагностичного контролю систем керування // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2006. — № 2. — С. 95—99.
6. Чумаченко І. В., Кошовий М. Д., Лопатин В. В. Мікроконтролерні прилади: структура і використання: Навчальний посібник. — Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2001. — 277 с.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Надійшла до редакції 28.01.08
Рекомендована до друку 28.02.08

Бабій Сергій Миколайович — аспірант.

Кафедра електромеханічних системи автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет