

Подготовка
кадров
Экономика

Теория
электропривода

Электромеханические
системы
автоматизации

Системы
промышленного
электропривода

Энергосбережение
средствами
электропривода

Элементы
электропривода

Диагностика
электроприводов

Нейронные сети
и фаззи-логика в
электромеханике

Дискуссии

Информация

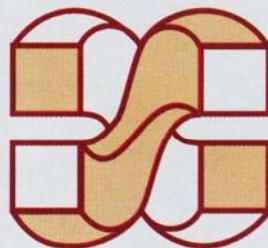
Вестник Национального Технического Университета «ХПИ». Выпуск 28'2010

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ
Теорія і практика

PROBLEMS OF AUTOMATED ELECTRODRIVES
Theory and practice

DIE PROBLEME DES AUTOMATISIERTEN
ELECTROANTRIEBES
Die Theorie und die Praxis



НТУ «ХПИ»

Министерство образования и науки Украины

ВЕСТНИК

Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»

Выпуск 28

Основан в 1961 г.

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

к 125-летию

Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»

Харьков 2010

У Віснику надані результати наукових досліджень і розробок, виконані викладачами, докторантами й аспірантами вищої школи, НАН України, науковими співробітниками науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій, працівниками промислових підприємств, а також рекомендовані редколегією статті з проблем автоматизованого електроприводу та підготовки кадрів з напрямку «Електромеханіка».

Викладено нові методи аналізу і синтезу електромеханічних систем, розробки сучасних промислових електроприводів, їхніх елементів та діагностики. Значна увага приділена питанням енергозбереження. Наведено результати робіт із застосуванням нейронних мереж та фаззи-логіки для удосконалення керування електромеханічними системами, розглянутий стан мікро- і наноелектромеханічних систем.

The Bulletin presents results of research and application developments accomplished by lecturers, doctors, and post-graduate students of higher education institutes as well as by specialists of National Academy of Sciences of Ukraine, research and design bureaux, and industrial enterprises. Also articles on problems of automated electric drive and electromechanical engineers training recommended by the Editorial Board are included.

The issue introduces new techniques of both analysis and synthesis of electromechanical systems, development and diagnostics of modern industrial electric drives and their components. Much attention is paid to problems of energy saving. Results of implementation of artificial neural networks and fuzzy logic into electromechanical systems control advancement, condition of micro and nanoelectromechanical systems are given.

Редакційна колегія: д.т.н. В.Б. Клепиков (головний редактор), д.т.н., академік НАН України Б.С. Стогній, академік НАН України А.В. Кириленко, член-корр. НАН України І.В. Волков, д.т.н. Л.В. Акімов, д.т.н. О.А. Андрущенко, д.т.н. О.С. Бешта, д.т.н. В.А. Водічев, д.т.н. Р.П. Герасимьяк, д.т.н. В.В. Грабко, д.т.н. В.Т. Долбня, д.т.н. Г.Г. Жемеров, проф. В.І. Калашников, д.т.н. Б.І. Кузнецов, д.т.н. О.Ю. Лозинський, проф. О.І. Мотченко, к.т.н. О.В. Осічев (відповідальний секретар), д.т.н. С.М. Пересада, д.т.н. М.Г. Попович, д.т.н. Д.Й. Родькін, член-корр. НАН України В.Ю. Розов, д.т.н. О.В. Садовой, д.т.н. О.І. Толочко, д.т.н. О.П. Чорний, к.т.н. В.М. Шамардина, д.т.н. М.М. Юрченко.

Адреса редакційної колегії: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
тел. (057) 707-62-26, 707-69-74, 707-64-45

**Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
протокол № 5 від « 15 » липня 2010 р.**

Редколегія висловлює щирю подяку спонсорам, які сприяли виданню цього вісника:

Національний технічний університет «ХПІ» (ректор Л.Л. Товажнянський); Донецьке відділення Української Асоціації інженерів-електриків (голова М.В. Горбачов); ДП «Завод Електроважмаш», м. Харків (директор В.І. Чередник); Департамент засобів автоматизації та приводу «Siemens-Ukraine», м. Київ (директор Бартол Д.); Філія ІТЦ «Сіменс-Україна», м. Донецьк (директор В.І. Калашников); НВО «Харківський електроштитовий завод» (ген. директор О.М. Черенов); АТ «Важпроматоматика» (директор Н.А. Кубишкін); Інженерна фірма АТ «Елак», м. Харків (директор Кольчик І.Й.); Вінницький державний технічний університет (ректор Б.І. Мокін); Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ (ректор Г.Г. Півняк); Національний технічний університет «Львівська політехніка» (директор інституту О.Ю. Лозинський); НВП «Компел», м. Харків (директор Поліванов В.О.); Міжнародний консорціум «Енергозбереження» (голова правління Барський В.А.).

Комп'ютерна верстка О.А. Крохмальов

ДО ПИТАННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ**Вихідні передумови та постановка задачі дослідження**

В роботі розглядається сухий трансформатор тягової підстанції міського електротранспорту, який є одним з найважливіших її елементів. Більшість підстанцій вже або відпрацювали свій ресурс, або знаходяться на межі спрацювання. При цьому постійно зростає навантаження на контактну мережу, викликане збільшенням маршрутних шляхів та вагонів на них у зв'язку з розширенням забудов міст на їх околицях. Тому проблема діагностування трансформатора є актуальною.

Більшість існуючих пристроїв, призначених для розв'язання цієї задачі, базуються на визначенні динамічної стійкості обмоток трансформатора за вимірюваними значеннями напруги та струму [1, 2], вимірюванні параметрів схеми заміщення трансформатора [3], вимірюванні температури найбільшої нагрітої точки обмоток та рівня навантаження трансформатора [4], контролі стану трансформаторних ввідів [5, 6], вимірюванні миттєвих, середніх та діючих значень струмів, напруги і температури обмоток, температури навколишнього середовища, температур в системі охолодження трансформатора, рівня та тиску масла, його вологості і концентрації розчинених газів [7, 8]. В роботах [9 – 11] акцентується увага на режимах перевантаження трансформатора.

Відповідно до проаналізованих підходів та з прив'язкою до конкретного способу охолодження трансформатора пропонується визначити його залишковий ресурс за станом температури обмотки, температури навколишнього середовища та за станом потужності вторинного кола.

Тому задачею дослідження є створення інформаційно-вимірювальної системи для діагностування трансформатора, яка б враховувала параметри, зазначені вище.

Розробка структури системи діагностування трансформатора

Відповідно до вихідних параметрів математичну модель, що визначає значення залишкового ресурсу R і трансформатора можна представити у вигляді:

$$R = \varphi(t_{об}^o, t_{навк}^o, P, P_{пер}, t), \quad (1)$$

де $t_{об}^o$ – температура найбільш нагрітої точки обмоток трансформатора;

$t_{навк}^o$ – температура навколишнього середовища;

P – потужність вторинного кола трансформатора;

$P_{пер}$ – потужність перевантаження вторинного кола трансформатора;

t – час перевантаження.

Закон старіння ізоляції обмоток можна представити у вигляді рівняння [11]:

$$L = L_0 e^{\alpha(t_{об}^o + t_{пер}^o)}, \quad (2)$$

де L – термін служби ізоляції;

L_0 – термін служби ізоляції, що відповідає нормованій температурі;

α – коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби ізоляції при зміні температури θ найбільш нагрітої точки ізоляції обмоток;

$t_{пер}^o$ – перевищення температури найбільш нагрітої точки ізоляції, викликане зміною струмів навантаження.

Структура системи діагностування подана на рис. 1, на якому: 1 – сенсор температури найбільш нагрітої точки обмоток трансформатора; 2, 10 – перетворювачі температури в напругу постійного струму; 3, 11, 14 – нормувальні перетворювачі сигналів; 4 – задавач максимально допустимої температури ізоляції обмотки (відповідно до класу ізоляції); 5 – блок віднімання; 6, 8, 17, 21 – функціональні перетворювачі; 7 – суматор; 9 – сенсор температури навколишнього середовища; 12 – сенсор потужності; 13 – перетворювач потужності в напругу постійного струму; 15 – блок задання найбільшої потужності, що відповідає нормальному режиму роботи трансформатора; 16 – компаратор; 18 – електричний годинник; 19 – елемент АБО; 20 – лічильник імпульсів.

Для вимірювання спрацювання силового сухого трансформатора сенсори пристрою розподілені по об'єкту таким чином: сенсор температури 1 установлений на трансформаторі та призначений для вимірювання температури найбільш нагрітої точки його ізоляції; сенсор температури 9 розташований біля об'єкта діагностування і дозволяє контролювати температуру навколишнього середовища; сенсор потужності 12 установлений у вторинному колі трансформатора та призначений для контролю потужності, що віддається трансформатором навантаженню.

Передбачається, що в лічильнику імпульсів 20 введено у вигляді двійкового коду загальний робочий ресурс трансформатора, витрачання якого здійснюється при надходженні на вхід лічильника різних послідовностей імпульсів.

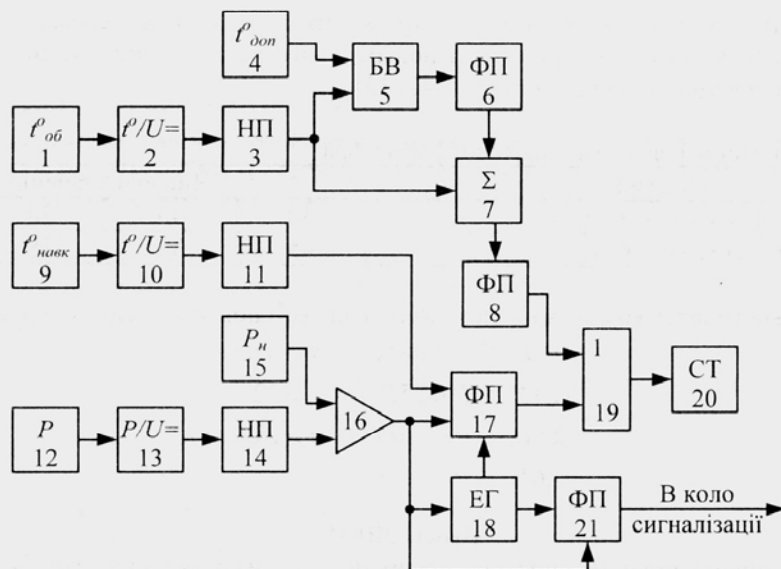


Рис. 1. Структура системи діагностування трансформатора

Блоки 1 – 8 призначені для визначення спрацювання ресурсу трансформатора за станом ізоляції обмоток. Блоки 9 – 18 призначені для визначення спрацювання ресурсу трансформатора за станом його перевантаження та за впливом температури навколишнього середовища. Блоки 18 та 21 призначені для фіксування значення та тривалості перевантаження трансформатора й подачі сигналу в коло сигналізації при недопустимих їх комбінаціях.

Пристрій працює таким чином.

Температура $t_{об}^o$, виміряна сенсором 1 температури найбільш нагрітої точки обмоток трансформатора, через перетворювачі 2 і 3 подається на другий вхід блоку віднімання 5 і на другий вхід суматора 7. На перший вхід блоку 5 подається значення максимально допустимої температури $t_{дон}^o$ ізоляції обмоток з задавача 4. Після операції віднімання $t_{дон}^o - t_{об}^o$ в блоці віднімання 5 отримується значення $t_{пер}^o$ перевищення температури найбільш нагрітої точки ізоляції, викликане зміною струмів навантаження, яке надходить до функціонального перетворювача 6. Останній на виході видає сигнал

$$\begin{cases} t_{пер}^o, & \text{якщо } t_{пер}^o > 0; \\ 0, & \text{якщо } t_{пер}^o \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

і подає на перший вхід суматора 7, на другий вхід якого надходить з нормувального перетворювача 3 сигнал, пропорційний $t_{об}^o$. В суматорі 7 відбувається додавання поточної температури $t_{об}^o$ найбільш нагрітої точки обмоток та значення $t_{пер}^o$ перевищення температури найбільш нагрітої точки ізоляції, викликане зміною струмів навантаження, яке надходить до функціонального перетворювача 8, на виході якого з'являється сигнал, пропорційний $e^{\alpha(t_{об}^o + t_{пер}^o)}$, який далі подається на перший вхід елемента АБО 19.

Температура $t_{навк}^o$, виміряна сенсором температури навколишнього середовища 9, через відповідні перетворювачі 10 та 11 подається на перший вхід функціонального перетворювача 17.

Потужність P вторинного кола, виміряна сенсором потужності 12, через відповідні перетворювачі 13 і 14 подається на другий вхід компаратора 16, на перший вхід якого надходить сигнал з блоку 15 задання найбільшої потужності, що відповідає нормальному режиму роботи трансформатора. У випадку виконання умови $P > P_n$, з виходу компаратора 16 на другий вхід функціонального перетворювача 17 надходить значення P . Це ж значення потужності P подається і на вхід електричного годинника 18 і на другий вхід функціонального перетворювача 21, на перший вхід якого подається сигнал з другого виходу електричного годинника 18, перший вихід якого підключено до третього входу функціонального перетворювача 17. В функціональному перетворювачі 17 відбувається перетворення в відпрацьований ресурс трансформатора за станом і тривалістю його перевантаження та впливом температури навколишнього середовища. Результат такого перетворення надходить на другий вхід елемента АБО 19.

В лічильнику імпульсів 20 відбувається зменшення двійкового коду у відповідності до витраченого ресурсу трансформатора, який надходить з двох каналів (блоки 1 – 8, блоки 9 – 18) через елемент АБО 19.

Функціональний перетворювач 21 здійснює контроль перевантаження за потужністю, яке надходить з компаратора 16, та його тривалості, яке фіксується електричним годинником 18.

Допускається, що сухі трансформатори можуть витримувати короточасні перевантаження в аварійних ситуаціях понад нормовані (незалежно від тривалості попереднього навантаження, температури навколишнього середовища і місця встановлення) відповідно табл. 1 [12, 13].

Табл. 1. Параметри перевантаження трансформатора

Показники	Числові значення			
	30	40	50	60
Короточасне перевантаження, %	30	40	50	60
Тривалість перевантаження, хв	45	32	18	5

З виходу функціонального перетворювача 21 в коло сигналізації подається сигнал у випадку, якщо

$$\begin{cases} 1,3P_n \leq P < 1,4P_n \wedge t > 45; \\ 1,4P_n \leq P < 1,5P_n \wedge t > 32; \\ 1,5P_n \leq P < 1,6P_n \wedge t > 18; \\ 1,6P_n \leq P \wedge t > 5. \end{cases} \quad (4)$$

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні напрямки, способи та особливості діагностування трансформаторів.
2. Запропоновано здійснювати діагностування сухого трансформатора тягової підстанції за станом температури найбільш нагрітої точки обмоток трансформатора, температури навколишнього середовища, потужності вторинного кола трансформатора та її перевантаженням.
3. Розроблено структуру системи діагностування трансформатора у відповідності до запропонованого підходу діагностування.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с. 1622842 СССР, МКИ G 01 R 27/26. Способ определения динамической стойкости обмоток трансформатора / А.М. Гиновкер, А.Н. Вшивцев, М.В. Лимонов (СССР). – № 4432532/21 ; заявл.30.05.88 ; опубл. 23.01.91, Бюл. № 3.
2. Пат. 2069371 Российская Федерация, МПК G 01 R 35/02. Способ диагностики силовых трансформаторов / Бутырин П.А., Алексейчик Л.В., Алпатов М.Е.; заявитель и патентообладатель Бутырин П.А., Алексейчик Л.В., Алпатов М.Е. – № 93033648/28 ; заявл.29.06.93 ; опубл. 20.11.96.
3. Пат. 2237254 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/02. Способ диагностики силовых трансформаторов / Алюнов А.Н., Бабарушкин В.А., Бульчев А.В., Гуляев В.А.; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный технический университет. – № 2003100586/09 ; заявл.08.01.03 ; опубл. 27.09.04, Бюл. № 27.
4. Пат. 21813 Україна, МПК G 01 R 31/06. Пристрій для вимірювання спрацювання силових трансформаторів / Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт; заявник та патентоутримувач Вінницький державний технічний університет. – № 95052359 ; заявл. 16.05.95 ; опубл. 30.04.98, Бюл. № 2.
5. Пат. 23192 Україна, МПК G 01 R 31/06. Пристрій для вимірювання спрацювання силових трансформаторів / Мокін Б.І., Грабко В.В., Дінь Тхань В'єт; заявник та патентоутримувач Вінницький державний технічний університет. – № 96083226 ; заявл. 12.08.96 ; опубл. 31.08.98, Бюл. № 4.
6. Пат. 34253 Україна, МПК G 01 R 31/06. Пристрій для вимірювання спрацювання силових трансформаторів / Мокін Б.І., Грабко В.В.; заявник та патентоутримувач Вінницький державний технічний університет. – № 99063415; заявл. 18.06.99 ; опубл. 15.02.01, Бюл. № 1.
7. Chang W.Y. Expert system for transformer faults diagnosis / W. Y. Chang // Monthly Journal of Taipower's Engineering. – 1994. –No. 551. – P. 71–86.
8. Lin C. E. An expert system for transformer fault diagnosis and maintenance using dissolved gas analysis / C. E. Lin, J.M. Ling, C.L. Huang // IEEE Trans. on PWRD. – 1993. – Vol. 8, No. 1. – P. 231–238.
9. Стжалка-Голушка К. Зміни принципів визначення перенавантажень трансформаторів за нормою PN-EN 60345: 1999 / К. Стжалка-Голушка, Я. Стжалка // Електроінформ. – 2008. – № 2. – С. 14–17.
10. PN-IEC 60345: 1999. Przewodnik obciążalność transformatorów o naturalnym obiegu oleju.
11. Грабко, В.В. Діагностування трансформаторів власних потреб та систем технологічних захистів енергоблока теплової електростанції : монографія / В.В. Грабко, Д.О. Березницький. – Вінниця :ВНТУ, 2010. – 124 с.
12. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Шевченко В. В. Технические средства городского электрического транспорта. Учеб. пособие для студ. вузов спец. «Гор. электрич. Транспорт». – М.: Высшая школа, 1985. – 448 с.
13. Тяговые подстанции трамвая и троллейбуса. Справочник. Под редакцией Ефремова И. М. – М.:Транспорт, 1984. – 312 с.