

## ІНФОРМАТИКА, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК 621.313

Ю.В. Антипенко, здобувач, с.н.с.

В.В. Гніліцький, к.т.н., доц.

Р.В. Петросян, асист.

*Житомирський державний технологічний університет*

### КОНСТРУКЦІЇ КРОКОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЬНИХ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

*Запропоновані конструкції крокових електродвигунів підвищеної потужності, що отримані на базі автомобільних синхронних генераторів і які дозволяють створювати автоматизовані електроприводи широкого використання.*

#### Загальний стан проблеми

Відновлення та удосконалення виробничої технічної бази вітчизняних підприємств тісно пов'язано із впровадженням систем автоматики і зокрема автоматизованих електроприводів з програмним цифровим керуванням.

Виходячи з ряду важливих технічних характеристик, найбільш прийнятними типами виконавчих двигунів для даного класу приводів визнані крокові електродвигуни, в яких кут повороту вала точно відповідає кількості й послідовності керуючих імпульсів, що живлять статор.

Тим не менш, незважаючи на очевидні переваги крокових двигунів, їх традиційно відносять до спеціальних типів двигунів. Це робить їх малодоступними і відносно дорогими.

За таких обставин розробники автоматизованих електроприводів нерідко вимушені застосовувати інші, менш зручні, типи виконавчих двигунів, які ускладнюють привід, а також погіршують його надійність і точність.

#### Можливі шляхи та пропозиції щодо вирішення проблеми, їх обґрунтування

Радикальним шляхом вирішення позначеної нагальної проблеми, в першу чергу, слід вважати налагодження серійного виробництва крокових двигунів вітчизняними виробниками та їх впровадження. З іншого боку, питання виробництва крокових двигунів не може вирішуватись у відриві від розв'язання проблем суто економічного характеру, таких як поліпшення загального стану економіки, поглибленого аналізу ринку та створення умов відповідним інвестиційним програмам.

У зв'язку з викладеним вище пропонується загальнодоступний альтернативний підхід, який дозволяє частково зменшити дефіцит та вартість крокових двигунів потужністю до 1 кВт. Підхід ґрунтується на використанні достатньо розповсюджених, надійних і відносно недорогих синхронних автомобільних генераторів з кігтевидними полюсами. Можливість такого застосування гарантується особливостями конструкції автомобільних генераторів, їх високим ККД та відомим принципом зворотності електричних машин [1].

#### Основна частина

В запропонованих крокових двигунах кут повороту вала (крок)  $\alpha_{\text{ш}}^0$  може бути визначений із відомого [2] співвідношення:  $\alpha_{\text{ш}}^0 = 360^{\circ} / (2P_p \cdot m_c \cdot k)$ ,

де  $2P_p$  – кількість полюсів на роторі (типове значення для генератора  $2P_p = 12$ );

$m_c$  – кількість фаз статора ( $m_c = 3$ );

$k$  – коефіцієнт, який залежить від способу комутації фазних обмоток статора (при роздільній комутації  $k = 1$ , при роздільно-спільній комутації  $k = 2$ ).

Для автомобільного генератора, що має 36 пазів в статорі та 6 пар полюсів (12 кігтів) в роторі, при роздільній комутації обмоток статора отримаємо:  $\alpha_{\text{ш}}^0 = 360^{\circ} / (2 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 1) = 10^{\circ}$ . Відповідно при роздільно-спільній комутації обмоток статора –  $\alpha_{\text{ш}}^0 = 5^{\circ}$ . Для порівняння наведемо кут повороту ротора в типовому серійному кроковому двигуні з активним ротором ДШ-6А потужністю 270 Вт, який дорівнює  $\alpha_{\text{ш}}^0 = 16^{\circ}$ .

Конструкція магнітної системи автомобільного генератора дозволяє без суттєвих змін створювати наступні різновидності крокових двигунів:

- реактивні;
- з обмоткою збудження в роторі;
- з постійними магнітами в роторі;
- з короткозамкненою обмоткою в роторі.

Зазначені крокові двигуни відрізняються способом збудження ротора і особливостями живлення статорних обмоток.

Один із можливих варіантів застосування автомобільного генератора як крокового двигуна базується на відсутності будь-яких змін в його конструкції. Збудження ротора постійним струмом за допомогою контактних кілець дозволяє здійснити гнучке і відносно просте керування двигуном, в тому числі забезпечити підвищену кратність моменту (а отже підвищену приємісткість) в перехідних режимах та демпфірування небажаних коливань ротора. Повне обертання ротора такого двигуна на кут  $360^\circ$  забезпечується живленням його статорних обмоток імпульсами різної полярності. В цьому випадку електрична схема комутатора буде мати вигляд класичного трифазного мостового інвертора, в якому кількість комутуючих ключів (транзисторів) дорівнює шести (рис. 1).

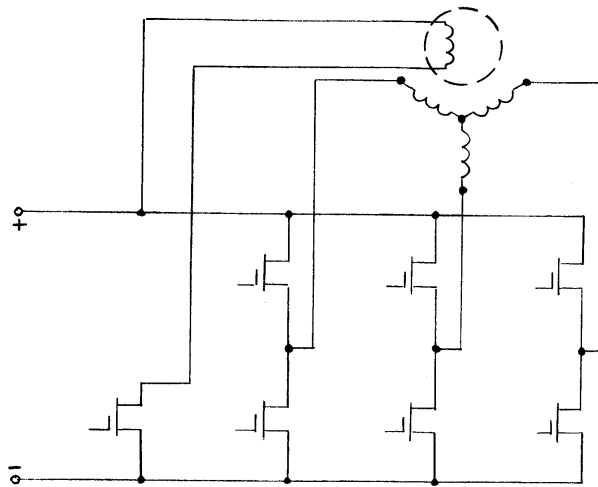


Рис. 1

Помітно спростити керування ключами інвертора та виключити виникнення токів, що проходять їх наскрізь, можливо, якщо кожна фаза обмотки статора двигуна буде складатись із двох однакових напівобмоток, з'єднаних назовні (рис. 2).

Аналогічну схему живлення статорних обмоток, позначених на рис. 1 та рис. 2, буде мати кроковий двигун, який має в середині ротора магнітну вставку у вигляді тороїда [2]. Перевагою цього двигуна є відсутність контактів у колі збудження ротора та відносно великий момент на валу. Разом з тим відомо, що постійні магніти не дозволяють змінювати потік збудження ротора і таким чином ускладнюють закони керування двигуном.

В тому разі, якщо в електричному приводі на перше місце ставляться простота керування двигуном, його підвищені динамічні характеристики і при цьому момент на валу може бути невеликим, автомобільний генератор вигідно застосовувати як реактивний кроковий двигун. Для цього достатньо повністю видалити обмотку збудження генератора і таким чином значно зменшити масу його ротора. Обмотки статора реактивного крокового двигуна, як відомо, можна живити імпульсами однієї полярності, що дозволяє вдвічі зменшити кількість комутуючих ключів (рис. 3).

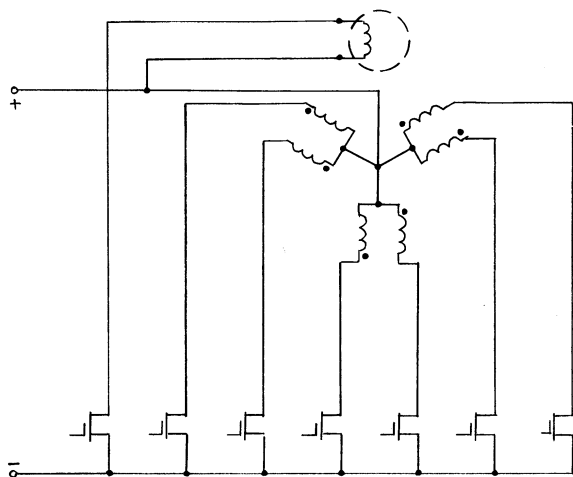


Рис. 2

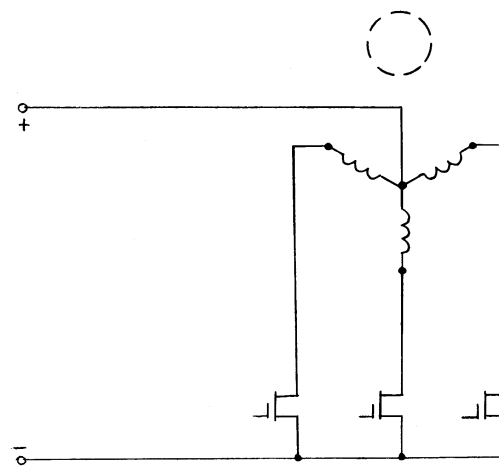


Рис. 3

Нетрадиційним варіантом крокового двигуна виступає такий, в якому обмотка ротора виконана короткозамкненою. Такий двигун є частковим випадком двигуна з модульованим потоком в статорі [3]. Схема керування позначеним двигуном подана на рис. 4.

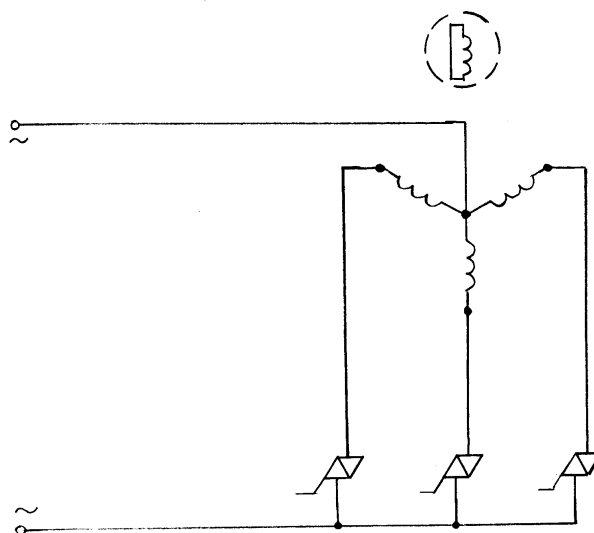


Рис. 4

Тут фазні обмотки статора двигуна по черзі живляться змінною напругою, яка комутується за допомогою ключів, здатних проводити струм в обох напрямках. Від амплітуди і частоти змінної напруги залежить сила взаємодії потоків статора і ротора двигуна (момент на його валу). Частота комутації обмоток статора визначає швидкість обертання ротора двигуна.

Слід зазначити, що амплітуда і частота напруги живлення статора двигуна з короткозамкненою обмоткою в роторі може залишатись незмінною у всьому діапазоні регулювання швидкості й кута, в тому числі в режимі повного зупинення, при цьому споживання активної потужності двигуном відбувається пропорційно куту його навантаження. Викладене вище суттєво вирізняє позначений двигун від інших різновидностей крокових двигунів.

Генератор змінної напруги доцільно виконувати за схемою мостового або напівмостового інвертора. Частота коливань, яка генерується інвертором, залежить від індуктивності обмоток статора. Для напруг живлення статора двигуна (12...24) В їх частота знаходиться в межах (500...2000) Гц. Як комутуючі ключі можуть використовуватись симетричні тиристри.

### Висновки

Різноманітні способи керування кроковими двигунами достатньо глибоко розкриті в спеціальній літературі й дозволяють забезпечити задане подрібнення кроку, таким чином розширюючи області їх

можливого використання. Необхідне підвищення моменту на валу та зменшення кроку може бути досягнуте також за допомогою редукторів з відповідним коефіцієнтом передачі.

Таким чином, автомобільні генератори вже зараз здатні деякою мірою компенсувати дефіцит крокових двигунів підвищеної потужності на вітчизняному ринку, а також гарантувати розв'язання ряду специфічних задач в автоматизованому електроприводі, в тому числі пов'язаних з обробкою металу, каменю або дерева.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Копылов И.П.* Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 1994. – 311 с.
2. *Кацман М.М.* Электрические машины. – М.: Высшая школа, 1990. – 463 с.
3. Патент України №35641 від 16.04.2001.

АНТИПЕНКО Юрій Валентинович – здобувач, старший науковий співробітник кафедри автоматки і управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- електричний привід;
- перетворювальна техніка;

ГНІЛЦЬКИЙ Віталій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автоматки і управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- цифрова обробка сигналів;
- інформаційні технології.

ПЕТРОСЯН Руслан Валерійович – асистент кафедри автоматки і управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- мікропроцесорна техніка та системи програмування;
- цифрова обробка сигналів;
- вимірювальна техніка;
- системи автоматичного керування;
- розробка електронних пристроїв.

E-mail: e\_rvs@ukr.net.

Подано 17.09.2004

**Антипенко Ю.В., Гнілицький В.В., Петросян Р.В. Конструкції крокових електродвигунів на базі автомобільних синхронних генераторів**

**Антипенко Ю.В., Гнилицкий В.В., Петросян Р.В. Конструкции шаговых двигателей полученных на базе автомобильных синхронных генераторов**

**Antipenko Yu.V., Gnilitzky V.V., Petrosyan R.V. Designs of step-by-step engines received on the basis of automobile synchronous generators**

УДК 621.313

**Конструкції крокових електродвигунів на базі автомобільних синхронних генераторів / Ю.В. Антипенко, В.В. Гнілицький, Р.В. Петросян**

Розглянуті варіанти конструкцій крокових двигунів підвищеної потужності отриманих на базі автомобільних генераторів з кігтевидними полюсами.

УДК 621.313

**Конструкции шаговых двигателей полученных на базе автомобильных синхронных генераторов / Ю.В. Антипенко, В.В. Гнилицкий, Р.В. Петросян**

Рассмотрены варианты конструкций шаговых двигателей повышенной мощности полученных на базе автомобильных генераторов с когтеобразными полюсами.

УДК 621.313

**Designs of step-by-step engines received on the basis of automobile synchronous generators / Yu.V. Antipenko, V.V. Gnilitzky, R.V. Petrosyan**

Variants of designs of step-by-step engines of the raised capacity received are considered on the basis of automobile generators