

10. Кулешова Г.М. Методичні підходи до оцінки конкурентоспроможності продукції АПК / Г.М. Кулешова // Вісник ЖІТІ. – 2009. – № 1. – С. 176–179.
11. Вироби вишиті. Визначення сортності : ДСТУ 1066-96. – [Чинний від 1997-07-01]. – К. : Держстандарт України, 1997. – 9 с. (Державний стандарт України).
12. Вироби вишиті. Загальні технічні умови : ДСТУ 1157-91. – [Чинний від 1993-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1997. – 10 с. (Державний стандарт України).

References

1. Bulatova E.B. New opportunities of designing Improvement processes, submitted CAD “Gracia” / E.B. Bulatova // Shvejnaya industry. - 2000. - №4. - P. 42-44.
2. Rodionova A.L. Features Designing of computer basic designs of clothing and designing modeling in CAD “Avtokroy” and “Avtokroy - T” / A.L. Rodionova // Shvejnaya industry. - 2000. - №1. - P. 44-45.
3. Protsyk K.L. Stages of development of new models of clothing in modern CAD / K.L. Protsyk // Light Industry. - 2007. - №3. - P. 46-47.
4. Zasornova I.A. Development process finishes embroidered women's suits based on Ukrainian folk traditions: dis. ... Candidate. tuhn. sciences: 05.18.19 / Zasornova Irina. - Khm., 2012. - 205 p.
5. Demyn S.N. From format to format / S.N. Demyn // Broydery. RU. - 2007. - №3. - P. 8-10.
6. FancyWorks [Electronic resource]. - Mode of access: http://fancyworks.ucoz.com/index/dvd_9/0-240
7. Joanna Berzowska. Soft computation through conductive textiles / J. Berzowska, M. Bromley. - XS Labs, 2007. - 12 P.
8. Shirokov O.I. Information Technology in teaching geometry / O. Shirokov // Questions of Improvement methodologies in terms of informativative Education: Mater. Second all-Russian correspondence. scientific method. conf. students. and aspyrant., 31 December 2010 d: theses Proceedings. - Slavyansk -on- Kuban, 2010. - P. 276-279.
9. Morozova-Gerasimovych N.A. Accounting software cost analysis of product quality in the food industry / N.A. Morozova-Gerasimovych // Bulletin ZHITI. - 2001. - №17. - P. 61-66.
10. Kuleshova G.M. Methodological approaches to assessing the competitiveness of agricultural products / G.M. Kuleshova // Bulletin ZHITI. - 2009. - № 1. - P. 176-179.
11. Embroidered products. Determination of grade: ISO 1066-96. - [Effective as of 1997-07-01]. - Kyiv: State Standard of Ukraine, 1997. - 9 p. (State Standard of Ukraine).
12. Embroidered products. General Specifications: GOST 1157-91. - [Effective as of 1993-01-01]. - Kyiv: State Standard of Ukraine, 1997. - 10 seconds. (State Standard of Ukraine).

Рецензія/Peer review : 31.3.2014 р.

Надрукована/Printed : 9.4.2014 р.

Рецензент: Славінська А.Л., д.т.н., проф. кафедри ТКШВ Хмельницького національного університету

УДК 62-791.2

О.С. ПОЛШУК, С.Л. ГОРЯЩЕНКО, Є.О. ГОЛІНКА

Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЮ ШВЕЙНОЮ МАШИНОЮ

Аналіз існуючих електроприводів універсальних швейних машин показав можливість їх вдосконалення для підвищення енергетичної ефективності, скорочення часу виконання технологічних операцій при шитті, поліпшення теплового режиму електродвигуна. В даний час завдяки розвитку силової перетворювальної техніки створені та серійно випускаються різні види напівпровідникових перетворювачів частоти. Це визначило випереджальний розвиток і широке застосування частотно-регульованого асинхронного електроприводу. Використання частотно-регульованого асинхронного електроприводу в універсальних швейних машинах є доцільним при скороченні часу розбігу електродвигуна і відключенні його під час виконанні допоміжних операцій при шитті.

Ключові слова: моделювання, електродвигун, привід

O. POLISHUK, S. HORIASHCHENKO, E. GOLINKA

Khmelnitsky National University

MODELING FREQUENCY CONVERTER IN THE CONTROL SYSTEM UNIVERSAL SEWING MACHINE

Analysis of existing universal electric sewing machines showed them the opportunity to improve energy efficiency, reduce run-time manufacturing operations at sewing, improved thermal conditions of the motor. Nowadays, thanks to the power of transforming technology created and commercially produced various kinds of semiconductor frequency converters. This determined the rapid development and widespread use of variable-frequency induction electric. The use of variable-frequency electric induction in universal sewing machines are good for reducing the time and disconnecting the motor running start it while performing additional operations while sewing.

Keywords: modeling, motor, drive

Постановка проблеми. Найбільшу частку обладнання швейних підприємств, у тому числі і сфери послуг, складають універсальні швейні машини, які в той же час є найбільш енергозатратними в розрахунку на одиницю продукції. Так, за даними раніше проведених досліджень [1], до 70% робочого часу двигун працює на холостому ходу при виконанні операцій, в яких час допоміжних прийомів значно перевищує машинний час. Асинхронні двигуни є основною складовою електропривода універсальних швейних машин.

Основним недоліком асинхронних електродвигунів з коротко замкнутим ротором є постійна частота обертання ротора електродвигуна, практично не залежна від навантаження. Проте переважна більшість універсальних швейних машин підприємств, зі змінним навантаженням. Для регулювання їх продуктивністю існують різні способи, але найбільш поширеним (і найбільш марнотратним) методом регулювання продуктивності швейного обладнання, є зниження надмірної потужності при застосуванні фрикційного приводу.

З розвитком силової і мікропроцесорної техніки стало можливим створення пристроїв частотного регулювання електроприводом, які дозволяють керувати швидкістю і моментом електродвигуна за заданими параметрами в точній відповідності з характером навантаження [2]. Це, у свою чергу, дозволяє здійснювати точне регулювання практично будь-якого процесу в найбільш економічному режимі, без важких перехідних процесів в технологічних системах і електричних мережах.

На сьогоднішній день частотно-регульований асинхронний електропривід є найбільш успішно прогресуючим технічним рішенням у сфері автоматизації загально промислових механізмів і швейного виробництва зокрема.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогоднішній день намітилась тенденція застосування частотного приводу в різному технологічному устаткуванні. Застосування регульованого електроприводу забезпечує енергозбереження та дозволяє отримувати нові якості систем та об'єктів. Значна економія електроенергії забезпечується за рахунок регулювання якого-небудь технологічного параметра. Якщо це транспортер або конвеєр, то можна регулювати швидкість його руху. Якщо це насос або вентилятор - можна підтримувати тиск або регулювати продуктивність. Якщо це верстат, то можна плавно регулювати швидкість подачі або головного руху.

Аналіз існуючих досліджень використання частотного перетворювача в сфері легкої промисловості показує, що на даний час такі приводи не мають широкого застосування. В роботі російських колег [3] переважно представлено огляд переваг з боку механічних показників процесу шиття.

Завдяки використанню частотно-регульованого асинхронного електропривода в схемі керування швейної машини можна контролювати наступні параметри:

- швидкість обертання валу двигуна;
- пусковий та крутний моменти;
- розгін, прискорення, гальмування;

Розглянуті можливості частотного приводу дають всі підстави стверджувати про перспективність їх застосування в асинхронному електроприводі легкої промисловості. Але масове впровадження частотного приводу на даний момент стримується через недостатньо досліджену його роботу з швейним устаткуванням і високу вартість частотного перетворювача.

Мета роботи. Метою роботи є обґрунтування доцільності використання частотного приводу в схемі керування швейною машиною для зменшення енерговитрат, а також покращення характеристик під час пуску та розгону асинхронного електродвигуна.

Вклад основного матеріалу. Завдання об'єднання в єдину систему різних за природою функціонально закінчених елементів асинхронного приводу покладається на уніфіковані з'єднуючі пристрої - інтерфейси, які представляють сукупність схемотехнічних, конструктивних і програмних засобів, що забезпечують безпосередню оптимальну взаємодію складових елементів приводу з метою максимальної реалізації можливостей кожного з них.

На рисунку 1 представлено особливості узгодження основних елементів регульованого асинхронного електроприводу.

Інтерфейс механіко-енергетичної взаємодії двигуна і виконавчого механізму і є найпростішим і обов'язковим пристроєм узгодження будь-якого електроприводу. Він являє собою механічну або електромагнітну передачу енергії від електричної машини на виконавчий механізм. Функції інтерфейсу зводяться до погодження руху двигуна та виконавчого органу механізму, досягнення максимального ККД передачі при стійкій роботі у всіх режимах.

Для отримання двигуном електроенергії з необхідними параметрами амплітуди і частоти напруги в кожній фазі, а також для управління і регулювання параметрів потоку енергії включається статичний перетворювач частоти (інвертор). Для отримання максимального ККД коефіцієнта спотворення двигун необхідно живити безперервним струмом інвертора, забезпечуваним високою частотою широтно-імпульсно-модельованого керування.

Апаратно інтерфейс реалізований у вигляді портів, таймерів, цифрових аналогових перетворювачів і підсилювачів формування сигналів управління силовими транзисторами.

Інформаційно-вимірювальна система приводу повинна контролювати наступні фізичні величини:

- 1) електричні (струм, напруга, ЕРС тощо);
- 2) механічні (момент, швидкість, переміщення тощо);
- 3) технологічні.

Контролер здійснює перетворення сигналів з первинних датчиків, гальванічну розв'язку, посилення, інтегрування і аналого-цифрове або імпульсно-цифрове перетворення для представлення їх в форматі мікропроцесорної системи управління.

Виходячи з отриманих даних, можна скласти структурну схему пристрою. На рисунку 2 представлена функціональна схема електропривода швейної машини.

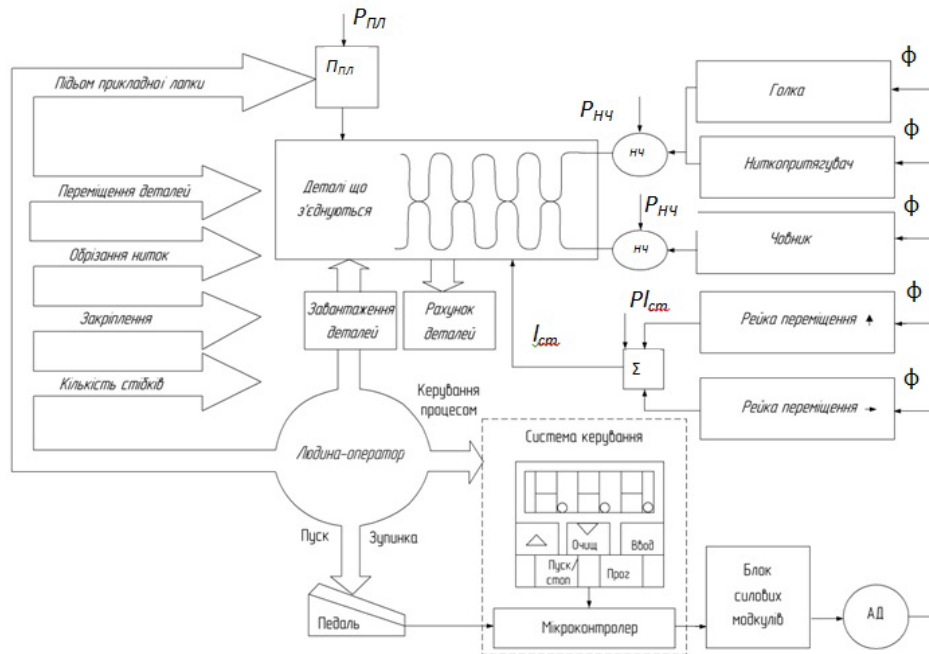
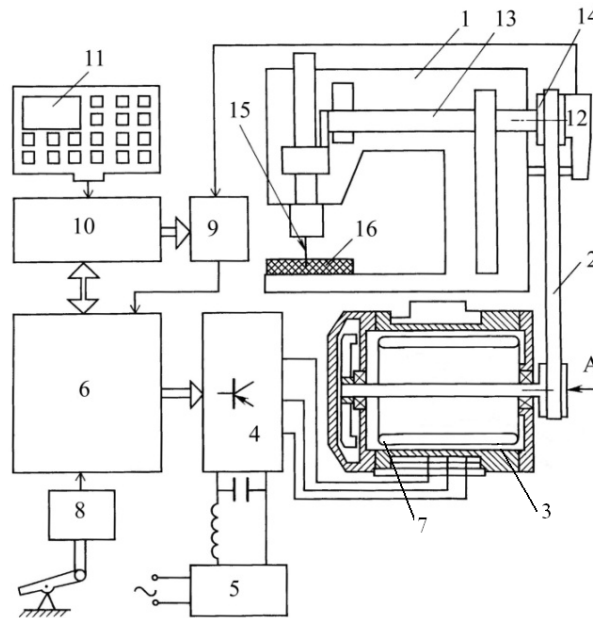


Рисунок 1 – Блок-схема швейної машини з частотно-регульованим електроприводом



1 - голівка швейної машини; 2 - ремінна передача; 3 - електродвигун; 4 - інвертор; 5 - випрямляч; 6 - мікропроцесор; 7 – статор електродвигуна; 8 - командне пристрій; 9 - блок корекції сигналів; 10 - блок пам'яті; 11 - пульт завдання параметрів шиття; 12 - датчик швидкості; 13 - головний вал; 14 - ведений шків; 15 - голка; 16 – матеріал

Рис. 2. Структурна схема швейної машини з частотно-регульованим електроприводом і системою управління

Для електромеханічних перехідних процесів частотно-регульованого електроприводу швейної машини найбільш характерними видами режимів роботи є [4]:

- процес розгону;
- процес вибігу ;
- зміна навантаження на валу двигуна.

Для аналізу перехідних режимів, що відбуваються при живленні асинхронного двигуна від перетворювача частоти, використана система диференціальних рівнянь, що описують процеси електромагнітного та електромеханічного перетворення енергії в електроприводі швейної машини протягом її робочого циклу. При цьому електромеханічні процеси описуються рівнянням руху(1), а електромагнітні- рівняннями напруг(2).

$$\frac{J}{p} \cdot \frac{d\omega_p}{dt} = M_{эм} - M_c \tag{1}$$

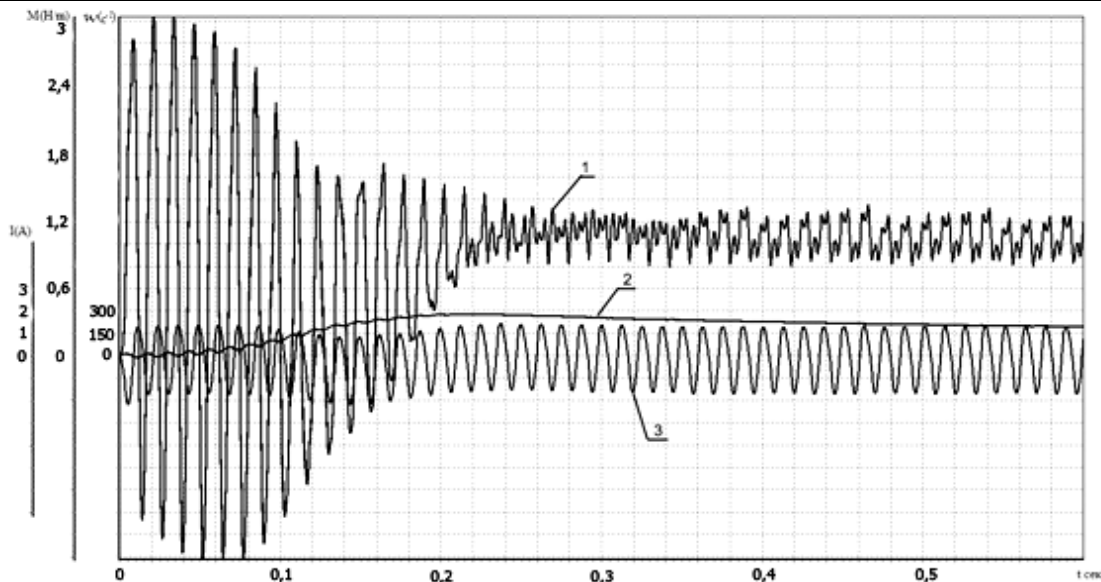
$$\begin{aligned}
 U_{sa} &= r_s \cdot i_{sa} + \sigma \cdot L_s \cdot \frac{di_{sa}}{dt} + \frac{L_m}{L_r} \cdot \frac{d\psi_\alpha^r}{dt} \\
 U_{sb} &= r_s \cdot i_{sb} + \sigma \cdot L_s \cdot \frac{di_{sb}}{dt} + \frac{L_m}{L_r} \cdot \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{d\psi_\alpha^r}{dt} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{d\psi_\beta^r}{dt} \right) \\
 U_{sc} &= r_s \cdot i_{sc} + \sigma \cdot L_s \cdot \frac{di_{sc}}{dt} + \frac{L_m}{L_r} \cdot \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{d\psi_\alpha^r}{dt} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{d\psi_\beta^r}{dt} \right) \\
 0 &= -r_s \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left[i_{sa} - \frac{(i_{sb} - i_{sc})}{\sqrt{3}} \right] + \frac{r_r}{L_r} \cdot \psi_\alpha^r + \frac{d\psi_\alpha^r}{dt} - \omega_p \cdot \psi_\beta^r \\
 0 &= -r_s \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \frac{(i_{sb} - i_{sc})}{\sqrt{3}} + \frac{r_r}{L_r} \cdot \psi_\beta^r + \frac{d\psi_\beta^r}{dt} - \omega_p \cdot \psi_\alpha^r \\
 M_{эм} &= \frac{3}{2} \cdot p \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \left[\psi_\alpha^r \cdot \frac{(i_{sb} - i_{sc})}{\sqrt{3}} - \psi_\beta^r \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{(i_{sb} - i_{sc})}{2} \right] \\
 \frac{J}{p} \cdot \frac{d\omega_p}{dt} &= M_{эм} - M_c
 \end{aligned} \tag{2}$$

Вихідні рівняння напруг (2) для системи частотно-регульованого електроприводу швейної машини доцільно записувати в фазних координатах а, б і с для статора і прямокутних α і β - для ротора.

Система рівнянь (2) у загальному випадку не може бути вирішена аналітично, тому для чисельного рішення її слід привести до канонічного виду:

$$\begin{aligned}
 \frac{d\psi_\alpha^r}{dt} &= r_r \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left[i_{sa} - \frac{i_{sb} + i_{sc}}{2} \right] - \frac{r_r}{L_r} \cdot \psi_\alpha^r - \omega_p \cdot \psi_\beta^r \\
 \frac{d\psi_\beta^r}{dt} &= r_r \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \frac{i_{sb} - i_{sc}}{\sqrt{3}} - \frac{r_r}{L_r} \cdot \psi_\beta^r - \omega_p \cdot \psi_\alpha^r \\
 \frac{di_{sa}}{dt} &= \frac{U_{sa} - r_s \cdot i_{sa} - \frac{L_m}{L_r} \cdot \frac{d\psi_\alpha^r}{dt}}{\sigma \cdot L_s} \\
 \frac{di_{sc}}{dt} &= \frac{U_{sc} - r_s \cdot i_{sc} - \frac{L_m}{L_r} \cdot \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{d\psi_\alpha^r}{dt} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{d\psi_\beta^r}{dt} \right)}{\sigma \cdot L_s} \\
 \frac{d\omega_p}{dt} &= \frac{p \cdot (M_{эм} - M_c \cdot \text{sign}(\omega_p))}{J} \\
 M_{эм} &= \frac{3}{2} p \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \left[\psi_\alpha^r \cdot \frac{i_{sb} - i_{sc}}{\sqrt{3}} - \psi_\beta^r \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(i_{sa} - \frac{i_{sb} + i_{sc}}{2} \right) \right]
 \end{aligned} \tag{3}$$

Для перевірки адекватності математичної моделі було використано середовище MathCad, з якого отримано наступні графіки, що підтверджують малий час стабілізації пускових характеристик



1 - момент електромагнітний; 2 - частота обертання ротора електродвигуна; 3 - струм в обмотці статора електродвигуна
Рис. 3. Розрахункові характеристики перехідного процесу при розгоні електродвигуна при номінальному навантаженні

Висновки. Підводячи підсумки, робимо висновок про доцільність подальшої розробки даної теми з керування роботою швейної машини. Адекватність математичної моделі підтверджує припущення щодо необхідності використання частотного перетворювача в схемах керування роботою асинхронного електропривода універсальних швейних машин.

Література

1. Браславський, І.Я. Про можливості енергозбереження при використанні регульованих асинхронних електроприводів / І.Я. Браславський // Електротехніка. - 1988. - № 8. - С. 2-5.
2. FR-E700 настанови з експлуатації. MITSUBUSHI ELECTRIC.
3. Горяїнов М.Ф. Пониження енергоспоживання універсальних швейних машин при використанні частотно-регульованого електропривода / М.Ф. Горяїнов. – Шахти, 2011. – 161 с.
4. Вешеневській С.Н. Характеристики двигунів електроприводів / С.М. Вешеневській. - М.: Енергія, 1977. – 432 с.
5. Горященко С. Л. Використання Labview для дослідження якості нанесення полімерних покриттів. - ВОТТП, №3-2013. С.158-161

References

1. Braslavskiy I.J. On the possibility of energy savings using controlled asynchronous motors / I. Braslavsky // Elect. - 1988. - № 8. - P. 2-5.
2. FR-E700 instruction manual. MITSUBUSHI ELECTRIC.
3. Goriainov M.F. Lowering power consumption versatile sewing machine using variable frequency drives / M.F.Goriainov. - Shahty, 2011. - 161 p.
4. Veshenevskiy S.N. Characteristics of electric motors / S. Veshenevskiy. - Moscow: Energiya, 1977. - 432 p.
5. Horiashchenko S. L. Vkoristannya Labview dlya doslidzhennya yakosti nanesennya polimernix pokrittiv. - VOTTP, №3-2013. s.158-161.

Рецензія/Peer review : 28.1.2014 р.

Надрукована/Printed : 9.4.2014 р.

Рецензент: