

Таблица 2
Сравнительная оценка для синтезированной сети и прецедента по показателям

Показатели и характеристики	Синтезированная сеть с одним логическим сегментом	Выбранный прецедент	Улучшение показателей и характеристик
Стоимость на одного абонента, грн	82,8	90	7,2
Пропускная способность КУ, Мб/с	1000	100	900
Интенсивность отказов	$0,97 \cdot 10^{-6}$	$0,9998 \cdot 10^{-6}$	$0,0298 \cdot 10^{-6}$

Выводы

Таким образом, разработаны модели параметрического синтеза типов и видов линий связи и коммутирующих устройств с использованием нечеткой информации, которые позволяют, в отличие от известных, принимать проектные решения комплексно с единых системных позиций по многим критериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Петров Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания. / Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескорвайный В.В. - К.: «Техніка», 1992 - 208 с
2. Петров Э.Г. Методология структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИУС/ Петров Э.Г., Чайников С.И., Овезгельдыев А.О. - Харьков: «Рубикон», 1997. - 140 с.

УДК 004.942

МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

К.т.н. А.Б. Біньковська, М.С. Кобернюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У статті була досліджена можливість управління швидкістю обертання електричного двигуна постійного струму. Для цього розроблена математична модель об'єкта керування, проаналізовано вплив напруг збудження й якоря на швидкість обертання, виконано синтез законів управління і аналіз динаміки системи.

В статті була досліджена можливість управління швидкістю обертання електричного двигуна постійного струму. Для цього розроблена математична модель об'єкта керування, проаналізовано вплив напруг збудження й якоря на швидкість обертання, виконано синтез законів управління і аналіз динаміки системи.

The possibility of controlling the rotation speed of a DC motor has been studied in the paper. In order to perform this a mathematical model of the control object has been developed, the influence of the excitation voltages and the armature on the rotation velocity has been analyzed, the synthesis of control actions and the analysis of system dynamics have been performed.

Ключові слова: електродвигун, система керування, моделювання, швидкість, рівняння руху, перехідний процес.

3. Пранявичюс Г. Модели и методы исследования вычислительных систем. – Вильнюс: «МОКСЛАС», 1982. – 315 с.

4. Нефедов Л.И. Обобщенная модель синтеза территориально-пространственно-распределенной компьютерной сети офиса / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 2/8 (44). – С. 28–31

5. Нефедов Л.И. Модель визначення розміщення комутуючих пристроїв та топології при синтезі комп'ютерної мережі / Нефедов Л.И., Шевченко М.В., Петренко Ю.А., Біньковська А.Б., Василенко О.В./ Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2010 - 5/2 (47) – с. 33-36.

6. Нефедов Л.И. Модель синтеза линий связи и коммутирующих устройств территориально распределенной компьютерной сети / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов: матер. V науч.-практ. конф. при участии молодых ученых и студентов, 20-22 окт., 2010 г.: тезисы докл. – Харьков, 2010. – С. 290–292.

7. Нефедов Л.И. Модели параметрического синтеза каналов связи и коммутирующих устройств компьютерной сети / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами: IX Междунар. науч.-практ. конф., 12-18 сент. 2011 г.: тезисы докл. – Харьков-Алушта, 2011. – С. 50–51.

Постановка проблеми

Сучасне промислове і сільськогосподарське виробництво характеризується великим різноманіттям технологічних процесів. Для їхнього здійснення людиною створені тисячі найрізноманітніших машин і механізмів.

Найбільше застосування має електричний привід (ЕП). Таке широке застосування ЕП пояснюється цілим рядом його переваг у порівнянні з іншими видами приводів.

Електроприводи нових серій - це приводи з високомоментними двигунами постійного струму, асинхронними двигунами, безколекторними двигунами постійного струму і силовими кроковими двигунами. Електроприводи цих серій в великому діапазоні моментів забезпечують підвищену максимальну швидкість, мають поліпшені масо-габаритні показники.

Можливості сучасного ЕП продовжують постійно розширюватися за рахунок використання досягнень у суміжних галузях науки і техніки - електромашинобудуванні і електроапаратобудуванні, електроніці і обчислювальній техніці, автоматичній і електротехніці.

Аналіз досліджень.

Робоча машина (або виробничий механізм) складається з безлічі взаємозалежних деталей і вузлів, один з яких безпосередньо виконує заданий технологічний процес або операцію, і тому називається виконавчим органом (ВО) [1,2].

Характерним для багатьох робочих машин є наявність не одного, а двох або навіть декількох взаємодіючих виконавчих органів. Роблячи механічний рух, виконавчий орган виконує задану технологічну операцію - обертає деталь, переміщає інструмент тощо.

Регулювання швидкості руху потребують і багато інші виконавчі органи - валки прокатних станів, кабіни ліфтів і підйомників, стрічки конвеєрів і т.д. Крім того, іноді виникає необхідність змінювати напрямок (реверсувати) рух виконавчого органа.

Виконавчий орган у процесі руху долає опір руху, зумовлене силами тертя або притягання землі, зусиллями пружної і пластичної деформації матеріалів або їх комбінацією.

Отже, для виконання технологічної операції виконавчий орган робочої машини повинен робити механічний рух з необхідної (іноді регульованої) швидкістю і долати при цьому силу опору.

Як відомо з курсу фізики, множення швидкості, сили і часу визначає механічну енергію. Для здійснення виконавчим органом технологічної операції до нього повинна бути підведена певна механічна енергія від обладнання, яке у відповідності зі своїм призначенням одержало назву приводу.

Привід виробляє механічну енергію, утворюючи її з інших видів енергії. Залежно від виду використаної енергії розрізняють гідравлічний, пневматичний, тепловий і електричний приводи. Вибір типу приводу є частиною загального завдання розробки і створення машин і механізмів нової конструкції.

Виконавчі елементи систем призначені для посилення і відпрацювання керуючого впливу, що приводить до зміни регульованого параметра об'єкта керування. Сигнал на виконавчі обладнання звичайно надходить із підсилювачів потужності. Виконавчий елемент, як правило, є складовою частиною приводу або сервомеханізму, що містить підсилювачі, перетворювачі, коректуючі елементи й елементи зворотних зв'язків [3].

Мета та постановка задачі.

Метою дослідження є розробка математичної моделі системи керування швидкістю обертання електричного двигуна. Необхідно сформулювати структурні схеми керування двигуном по колам збудження й якоря; розробити машинні схеми моделювання в пакеті MatLab – Simulink; синтезувати два варіанти системи: по колу збудження та по колу якоря.

У багатьох сучасних приладах у якості приводу використовується електродвигун, швидкість обертання якого повинна бути постійною і не повинна відрізнятися від бажаної більш, ніж на задану величину, обумовлену статичною помилкою. Необхідну якість роботи електродвигуна можна забезпечити, використовуючи зворотний зв'язок по стану. Однак часто цього виявляється недостатньо, і для досягнення бажаного

результату повинна бути змінена структура системи. Подібна зміна системи, що має метою забезпечення бажаних показників якості, називається корекцією. Для цього в структуру системи вводиться додатковий елемент, що коректує її характеристики і називається регулятором [7,8].

Найбільш загальним типом регуляторів є пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор, математичний запис якого має вигляд:

$$U_y = k_{\omega} \cdot \Delta\omega + k_{\dot{\omega}} \cdot \frac{d\Delta\omega}{dt} + k \int_0^t \Delta\omega \cdot dt, \quad (1)$$

де $k_{\omega}, k_{\dot{\omega}}, k$ - коефіцієнти передачі закону керування;

$\Delta\omega = \omega_d - \omega_{дз}$ - відхилення дійсного значення швидкості обертання двигуна від заданого значення;

$\omega_{дз}$ - задане (необхідне) значення швидкості обертання двигуна.

ПІД-регулятор застосовують у системах керування, коли потрібно поліпшити як вид перехідного процесу, так і точність у режимі, що встановився. Досить часто в конкретній системі керування не потрібно виконання всіх трьох операцій. У цьому випадку може бути використано один із трьох варіантів регулятора:

- пропорційний (П-Регулятор);
- пропорційно-інтегральний (ПІ-регулятор);
- пропорційно-диференціальний (ПД-Регулятор).

Синтез системи керування.

Синтез системи керування (регулятора) полягає у визначенні числових значень коефіцієнтів передачі закону керування, що забезпечує бажану якість у перехідному і встановленому режимах роботи об'єкта керування.

Розглянемо спочатку систему керування електродвигуном по колу збудження, схема для моделювання якої розроблена на підставі структурної схеми двигуна, який управляється по колу збудження, наведеної на рисунку 1, і закону керування (1) і показано на рисунку 2.

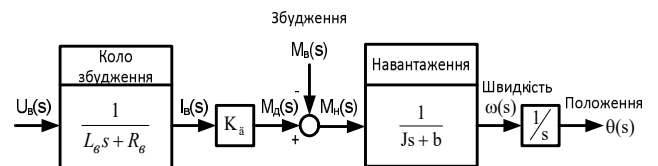


Рис. 1. Структурна схема двигуна, який управляється по колу збудження

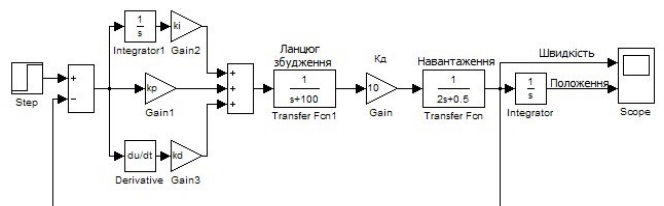


Рис. 2. Схема моделювання системи керування електродвигуном по колу збудження

Коефіцієнти передачі закону керування в схемі моделювання (рисунок 2) позначені в такий спосіб:

$$k_{\omega} = k_p ; k_{\dot{\omega}} = k_d ; k = k_i . \quad (2)$$

У процесі виконання роботи було синтезовано чотири типи регуляторів (П, ПІ, ПД і ПІД).

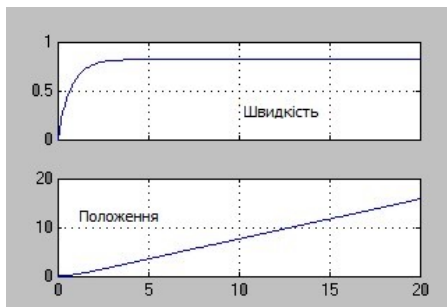


Рис. 3. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для П-регулятора в колі збудження

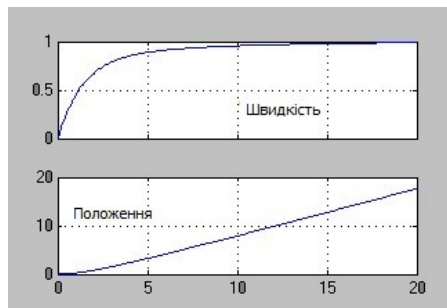


Рис. 4. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для ПІ-регулятора в колі збудження

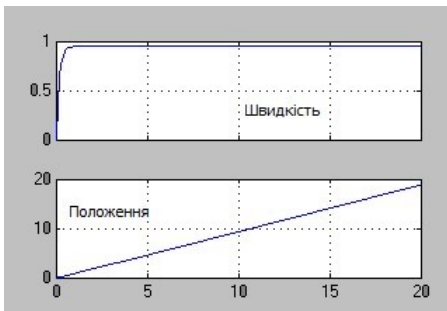


Рис. 5. Графіки перехідних процесів $\omega_d = f(t)$ і $\theta = f(t)$ для ПД-регулятора в колі збудження

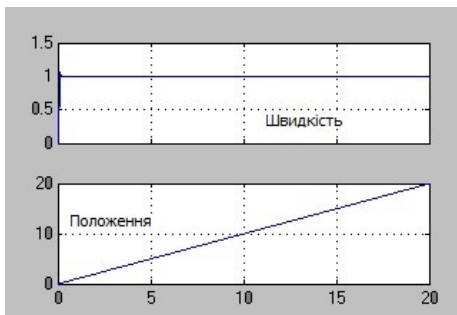


Рис. 6. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для ПІД-регулятора в колі збудження

Результати синтезу системи керування електродвигуна по колу збудження наведені в таблиці 1, а графіки перехідних процесів показано на рисунках 3-6.

Як бачимо з таблиці 1 і рисунків 3-6, мінімальну тривалість перехідного процесу забезпечує ПД-регулятор, а мінімальну статичну помилку – ПІ-регулятор і ПІД-регулятор.

Таблиця 1
Результати синтезу системи керування по колі збудження

Вид регулятора	Коефіцієнти закону керування	Тривалість перехідного процесу, з	Перерегулювання, %	Статична помилка, %	Кут повороту вала за 20 с, рад.
П	$k_p=22,6995$	3,65	0	-18,42	15,8
ПІ	$k_p=12,3613$ $k_i=2,0842$	17,5	0	-1	17,66
ПД	$k_p=91,9120$ $k_d=-1,8783$	0,95	0	-5,52	18,8
ПІД	$k_p=459,624$ $k_d=-6,5996$ $k_i=82,9147$	13	5,8	+1	20

Тепер синтезуємо систему керування по колу якоря. Для цього на підставі структурної схеми двигуна, який управляється по колу якоря, наведеної на рисунку 7, і закону керування (1) була розроблена машинна схема моделювання, показана на рисунку 8.

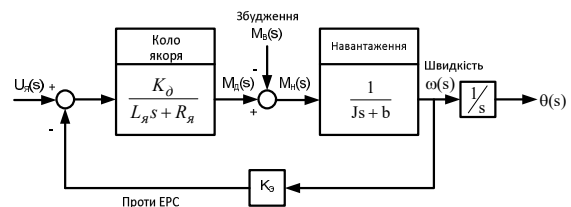


Рис. 7. Структурна схема двигуна, який управляється по колу якоря

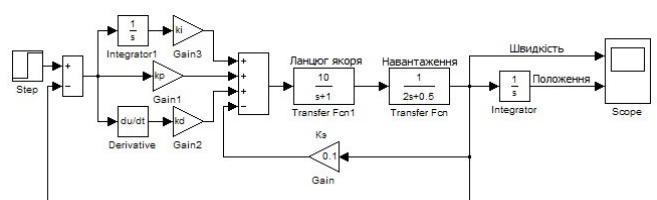
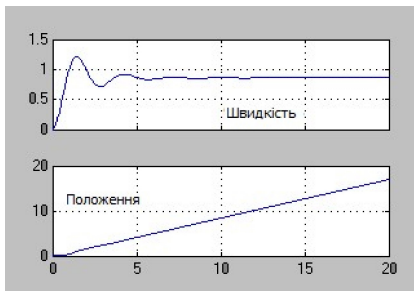
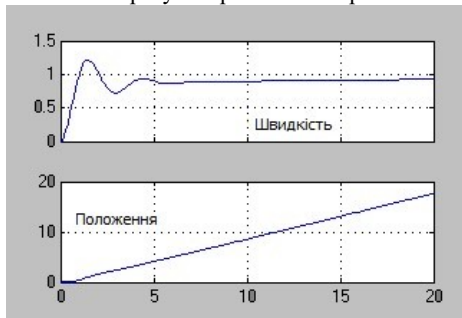
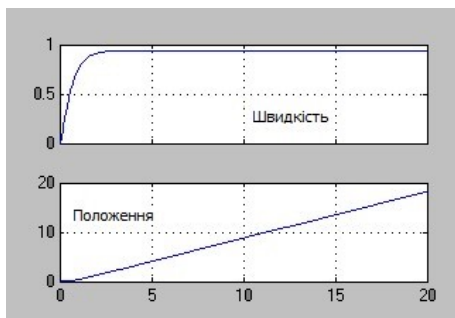
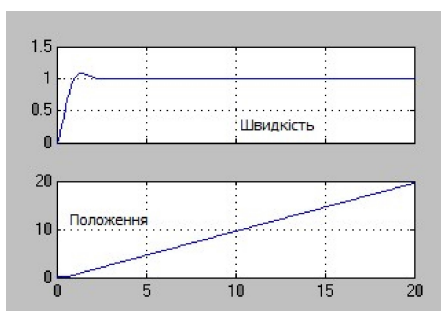


Рис. 8. Схема моделювання системи керування електродвигуном по колу якоря

Результати синтезу системи керування електродвигуна по колу якоря для чотирьох типів регуляторів (П, ПІ, ПД і ПІД) наведено в таблиці 2, а графіки перехідних процесів показано на рисунках 9 – 12.

Результати синтезу системи керування по колу якоря

Вид регулятора	Коефіцієнти закону керування	Тривалість перехідного процесу, с	Перерегулювання, %	Статична помилка, %	Кут повороту вала за 20 з, рад
П	$k_p=0,9035$	11,75	21,29	-14,55	16,95
ПІ	$k_p=0,8386$ $k_i=0,0334$	20,0	21,94	-8,1	17,67
ПД	$k_p=2,4473$ $k_d=1,4692$	2,45	0	-6,16	18,21
ПІД	$k_p=1,6588$ $k_d=0,4873$ $k_i=0,3512$	2,15	9,03	+1	19,57

Рис. 9. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для П-регулятора в колі якоряРис. 10. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для ПІ-регулятора в колі якоряРис. 11. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для ПД-регулятора в колі якоряРис. 12. Графіки перехідних процесів $\omega_d=f(t)$ і $\theta=f(t)$ для ПІД-регулятора в колі якоря

Як бачимо з таблиці 2 і графіків перехідних процесів, наведених на рисунках 9 – 12, найкращі показники якості перехідного процесу, забезпечує ПІД-регулятор:

- тривалість перехідного процесу 2,15 с;
- статична помилка в режимі, що встановився, 1 %.

Недоліком ПІД-регулятора є наявність перерегулювання, але відсутність коливальності і величина перерегулювання в 9,03 %, що задовольняє технічному завданню, дозволяють уважати ПІД-регулятор кращим.

Висновки.

Таким чином, проведені дослідження показали, що краще керування електродвигуном по обом колам керування забезпечують ПІД-регулятори, але при керуванні по колу якоря перехідний процес завершується швидше.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

- 1 Васюра А.С. Елементи та пристрої систем управління автоматики / А.С. Васюра. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.optictoday.com/>
- 2 Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – [Текст]. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с
- 3 Андрейко І.І. Електричні мікромашини. У 2 томах. Том 1. Мікромашини постійного струму та мікротрансформатори. Навчальний посібник. [Текст] / Андрейко І.І., Біляковський І.Є., Денис Б.Д. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2007. 452 с.
- 4 Олссон, Г. Цифрові системи автоматизації і управління / Г. Олссон, Д. Пиани. – [Текст]. – СПб.: Невський Діалект, 2001. – 557 с.
- 5 Филипс, Ч. Системи управління с обратной связью [Текст] / Ч. Филипс, Р. Харбор. – [Текст]. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 – 616 с.
- 6 Дорф, Р. Сучасні системи управління / Р. Дорф, Р. Бішоп. – [Текст]. – М.: Лабораторія Базових Знаний, 2002 – 832 с.
- 7 Гурко О.Г. Аналіз і синтез систем автоматичного керування в MATLAB: Навчальний посібник / Гурко О.Г., Срьоменко І.Ф. – [Текст]. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 300 с.
- 8 Гурко А.Г. Теорія автоматичного управління: Учебно-методическое пособие / Гурко А.Г., Еременко И.Ф., Кортнева В.С., Байдакова А.В., Биньковская А.Б. – [Текст]. – Харьков, ХНАДУ, 2009. – 216 с.