

УДК 681.5.01.23

Т.Ю. Василець¹, О.О. Варфоломійєв², В.В. Томаш¹, О.О. Підлісний¹¹ Українська інженерно-педагогічна академія, Харків² Технологічний інститут, Нью Джерсі, США

НЕЧІТКА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДВОМАСОВОЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

Розроблена математична модель і проведено моделювання двомасової електромеханічної системи на ЕОМ з використанням системи MATLAB. Для покращення показників якості функціонування двомасової електромеханічної системи запропоновано використання нечітких технологій. Розроблена структурна схема двомасової системи з Fuzzy регулятором. Проведено моделювання нечіткої системи і виконаний аналіз динамічних характеристик системи.

Ключові слова: нечіткі технології, системи нечіткого висновку, нечітка система, двомасова електромеханічна система, Fuzzy регулятор.

Вступ

Постановка проблеми. Існуючі методи синтезу систем автоматичного управління електроприводами, як, наприклад, модальне управління, дозволяють створювати системи з достатньо високими показниками регулювання, однак їх практична реалізація зв'язана з рядом технічних труднощів.

До них відноситься необхідність вимірювання важковимірюваних координат, таких як, наприклад, пружний момент, неможливість в окремих випадках реалізувати на практиці синтезовані параметри із-за обмежень, що існують в реальних електроприводах, по тих або інших величинах і ін.

Цілком природна ідея замінити вживані лінійні регулятори нелінійними, які при меншому числі сигналів від вимірюваних координат забезпечували б необхідну вихідну дію, що управляє об'єктом регулювання. Таку можливість забезпечує використання систем нечіткого висновку.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Побудови систем управління, засновані на теорії нечітких множин і нечіткій логіці, істотно розширюють традиційні методи синтезу автоматизованих систем управління.

Основні ідеї теорії нечітких множин були запропоновані американським математиком Лотфі Заде в 1965 році [1]. Ця теорія дозволяє описувати якісні, неточні поняття і наші знання про навколишній світ, а також оперувати цими знаннями з метою отримання нової інформації.

Нечітке моделювання є одним з найбільш активних і перспективних напрямів прикладних досліджень в області управління і ухвалення рішень [2–3]. Нечітке моделювання виявляється особливо корисним, коли в описі технічних систем і бізнес-процесів присутня невизначеність, яка утрудняє або навіть повністю виключає застосування точних кількісних методів і підходів.

В області управління технічними системами нечітке моделювання дозволяє отримувати адекватніші результати в порівнянні з результатами, які ґрунтуються на використанні традиційних аналітичних моделей і алгоритмів управління. Діапазон застосування нечітких методів з кожним роком розширюється, охоплюючи такі області, як, наприклад, проектування промислових роботів і побутових електроприладів, управління доменними печами і рухом потягів метро, автоматичне розпізнавання мови і зображень, побудова нечітких систем управління і ін. [4–5]. Тому синтез системи управління багатомасовою електромеханічною системою, що має високі показники якості функціонування з застосуванням теорії нечітких множин і нечіткої логіки є важливою науково-технічною задачею, а тема роботи є актуальною.

Метою роботи є синтез і дослідження показників якості функціонування нечіткої системи управління двомасовою електромеханічною системою.

Основний розділ

1. Математична модель двомасової системи управління

Застосування апарату нечітких множин і нечіткої логіки розглянемо на прикладі побудови нечіткої системи управління двомасовою електромеханічною системою. При синтезі систем управління електроприводами промислових механізмів необхідно враховувати той факт, що більшість об'єктів управління є складними багатомасовими електромеханічними системами з пружними елементами. Представлення механічної частини систем жорсткою приведеною ланкою відображає дійсний характер руху елементів тільки в середньому, т.д. не враховує вплив пружності реальних механічних зв'язків. Із-за кінцевої жорсткості цих зв'язків механічна частина

електроприводів є пружною системою, додаток до якої управляючої дії (моменту двигуна), або обурюючої дії (моменту статичного навантаження) викликає коливання зв'язаних мас, що збільшують максимальні навантаження зв'язків і відрізки необхідних рухів і переміщень, що ускладнюють точність.

Механічні частини електроприводів промислових механізмів в загальному випадку є системами зв'язаних мас, що рухаються з різними швидкостями обертально або поступально. При навантаженні елементи системи (вали, опори, клиноремenni передачі, зубчаті зачеплення, канати і т. п.) деформуються, оскільки механічні зв'язки не є абсолютно жорсткими. При змінах навантаження маси мають можливість взаємного переміщення, величина якого при даному прирості навантаження визначається жорсткістю зв'язку.

Маси елементів і жорсткості елементарних зв'язків в кінематичному ланцюзі приводу різні. Визначальний вплив на рух системи мають найбільші маси і найменші жорсткості зв'язків. Тому одним з перших завдань проектування і дослідження електроприводів є складання спрощених розрахункових схем механічної частини, що враховують можливість не враховувати пружність достатньо жорстких механічних зв'язків і наближеного урахування впливу малих рухомих мас. При цьому слід враховувати, що у зв'язку з наявністю передач різні елементи системи рухаються з різними швидкостями, тому безпосередньо зіставляти їх моменти інерції, маси, жорсткості зв'язків, переміщення; і т.п. неможливо. Як наслідок, для складання розрахункових схем механічної частини електроприводу необхідне приведення всіх параметрів елементів кінематичного ланцюга до однієї розрахункової швидкості. Зазвичай, найбільшу зручність представляє приведення їх до швидкості двигуна. Проте слід мати на увазі можливість приведення до швидкості будь-якого елемента. Зокрема, при рішенні ряду завдань виявляється корисним приведення до швидкості механізму, особливо при поступальній ході його органу.

Умовою відповідності приведеної розрахункової схеми реальній механічній системі є виконання закону збереження енергії. При приведенні необхідно забезпечити збереження запасу кінетичної і потенційної енергії системи, а також елементарної роботи всіх сил і моментів, що діють в системі, на можливих переміщеннях.

При проектуванні і дослідженні електроприводів моменти інерції, маси, жорсткості зв'язків реальних елементів зазвичай відомі, а сили, що діють в системі, або задані, або розраховуються за початковими даними механізму і умовами його технологічного процесу. Після приведення їх значень до розрахункової швидкості представляється можливим,

зіставивши приведені значення моментів інерції і жорсткостей, здійснити вибір головних мас і головних пружних зв'язків і на цій основі скласти наближену розрахункову схему механічної частини.

Дослідження динаміки електроприводів показують, що нерозгалужені розрахункові механічні схеми в більшості практичних випадків в результаті виділення головних мас і жорсткостей зводяться до трьохмасової і двомасової розрахункових схем.

Параметрами узагальненої трьохмасової механічної системи є сумарні приведені моменти інерції мас J_1 , J_2 і J_3 , утворені приведеними масами, зв'язки між якими прийняті жорсткими, і еквівалентні приведені жорсткості механічних пружних зв'язків між J_1 і J_2 – c_1 і між J_2 і J_3 – c_2 . Перша маса є ротором двигуна і жорстко з ним зв'язані елементи; до цієї маси прикладені електромагнітний момент двигуна M і момент статичного навантаження $M_{ст1}$ який зазвичай є сумарним моментом втрат на валу двигуна і в жорстко з ним зв'язаних елементах. До проміжної маси механізму (J_2) прикладений момент опору $M_{ст2}$, а до третьої (J_3) – момент зовнішнього навантаження цієї маси $M_{ст3}$.

Трьохмасова пружна система при дослідженні електромеханічних систем автоматизованого електроприводу використовується в тих випадках, коли виникає необхідність детальнішого аналізу умов руху мас механізму. Для вирішення завдання при цьому зазвичай використовується математичне моделювання на обчислювальних машинах. Для дослідження окремих фізичних особливостей трьохмасова розрахункова схема зводиться до двохмасової.

Рівняння динаміки, що описують процеси в двомасовій системі при приведенні всіх елементів до швидкості валу двигуна, мають вид

$$\begin{cases} J_m \frac{d\omega_m}{dt} = M_\Sigma - M_{ст}; \\ \frac{dM_{пр}}{dt} = c_{12}(\omega_d - \omega_m); \\ J_{д\Sigma} \frac{d\omega_d}{dt} = M_d - M_\Sigma, \end{cases} \quad (1)$$

де $J_{д\Sigma}$ – сумарний момент інерції двигуна і жорстко пов'язаних з ним елементів системи;

J_m – приведений до швидкості двигуна момент інерції механізму;

ω_d , ω_m – кутові швидкості двигуна і механізму;

c_{12} еквівалентна приведена жорсткість зв'язку між масами;

M_d – момент двигуна;

$M_{ст}$ – момент статичного навантаження;

M_Σ – сумарний момент, що передається пружною передачею, який рівний сумі пружного моменту

M_{np} і моменту в'язкого тертя $M_{вт} = \beta(\omega_d - \omega_m)$:

$$M_{\Sigma} = M_{np} + \beta(\omega_d - \omega_m) \quad (2)$$

де β – коефіцієнт внутрішнього в'язкого тертя.

Розглянемо двомасову систему регулювання швидкості електроприводу промислового механізму. У якості привідного двигуна застосовано двигун постійного струму незалежного збудження. Якірна обмотка живиться від тиристорного перетворювача. Систем управління електроприводом побудована за принципом підлеглого регулювання і містить два контури: контур регулювання струму і контур регулювання швидкості, замкнутим по ЕДС двигуна. У якості послідовних коректуючи пристроїв в кожний контур включені ПІ-регулятори. Замкнений контур струму настроєний на модульний оптимум, а контур швидкості – на симетричний оптимум.

Представимо рівняння (1) з урахуванням (2) у формі Коші

$$\begin{cases} \frac{d\omega_m}{dt} = \frac{1}{J_m} M_{np} + \frac{\beta}{J_m} \omega_d - \frac{\beta}{J_m} \omega_m - \frac{1}{J_m} M_{ст}; \\ \frac{dM_{np}}{dt} = c_{12} \omega_d - c_{12} \omega_m; \\ \frac{d\omega_d}{dt} = \frac{1}{J_{д\Sigma}} M_{д} - \frac{1}{J_{д\Sigma}} M_{np} - \frac{\beta}{J_{д\Sigma}} \omega_d + \frac{\beta}{J_{д\Sigma}} \omega_m. \end{cases} \quad (3)$$

Запишемо рівняння стану системи регулювання без урахування пружності елементів механічної частини, а потім, доповнивши їх рівняннями двомасової системи, отримаємо систему диференціальних рівнянь стану системи управління з урахуванням пружного зв'язку.

Рівняння стану одно масової системи:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_d}{dt} = \frac{1}{J_{д\Sigma}} M_{д} - \frac{1}{J_{д\Sigma}} M_{ст}; \\ \frac{dM_{д}}{dt} = \frac{1}{J_{д\Sigma}} P; \\ \frac{dP}{dt} = \frac{k_{пе}}{2T_{\mu\tau}^2 k_{\tau}} E_{зе} - \frac{k_{пе}}{2T_{\mu\tau}^2 k_{\tau}} U_{ззе} - \\ - \frac{k_{д}}{2T_{\mu\tau}^2} M_{д} - \frac{1}{T_{\mu\tau}} P + \frac{1}{T_{\mu\tau}^2 k_{\tau}} U_{іе}; \\ \frac{dE_{зе}}{dt} = \frac{1}{T_a} U_{ззе} - \frac{1}{T_a} E_{зе}; \\ \frac{dU_{ззе}}{dt} = \frac{k_{н}}{T_a k_{д}} \omega_d - \frac{1}{T_a} U_{ззе}; \\ \frac{dU_{іе}}{dt} = k_{іе} E_{зе} - k_{іе} U_{ззе}. \end{cases} \quad (4)$$

При записі системи (4) прийняті наступні позначення: $U_{зе}$, $E_{зе}$ – напруга і ЕДС завдання; $U_{ззе}$ – напруга зворотного зв'язку по ЕДС; $U_{іе}$ – вихідна напруга інтегратора ПІ-регулятора ЕДС; $P = dM_{д} / dt$ – ривок; $T_{\mu\tau}$ – мала, що не компенсується, постійна часу контуру струму; T_a – електро-

магнітна постійна часу електродвигуна; $k_{д}$ – коефіцієнт посилення двигуна; $k_{н}$ – коефіцієнт посилення зворотного зв'язку по напрузі; $k_{пе}$, $k_{іе}$ – коефіцієнти підсилення пропорційної і інтегральної частин регулятора ЕДС; значення указаних параметрів можуть бути отримані з виразу передатної функції регулятора ЕДС:

$$\begin{aligned} W_{пе}(p) &= \frac{T_m k_{\tau}}{2T_{\mu\epsilon} k_{н} R_{\Sigma}} \cdot \frac{4T_{\mu\epsilon} p + 1}{4T_{\mu\epsilon} p} = \\ &= \frac{T_m k_{\tau}}{2T_{\mu\epsilon} k_{н} R_{\Sigma}} + \frac{T_m k_{\tau}}{8T_{\mu\epsilon}^2 k_{н} R_{\Sigma}} \frac{1}{p} = k_{пе} + \frac{k_{іе}}{p}; \\ k_{пе} &= \frac{T_m k_{\tau}}{2T_{\mu\epsilon} k_{н} R_{\Sigma}}; \quad k_{іе} = \frac{T_m k_{\tau}}{8T_{\mu\epsilon}^2 k_{н} R_{\Sigma}}, \end{aligned}$$

де T_m – електромеханічна постійна часу електроприводу;

R_{Σ} – сумарний активний опір якірного кола;

k_{τ} , $k_{н}$ – коефіцієнти посилення зворотного зв'язку за струмом і напругою (як відомо, сигнал зворотного зв'язку по ЕДС двигуна отримується шляхом алгебраїчного підсумовування сигналу, пропорційного напрузі з сигналом токової компенсації);

$T_{\mu\tau}$, $T_{\mu\epsilon}$ – малі некомпенсуемі постійні часу контуру струму і ЕДС відповідно.

Об'єднаємо системи (3) і (4), одержимо наступну систему диференціальних рівнянь стану двомасової системи підлеглого регулювання швидкості із зворотним зв'язком по ЕДС двигуна:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_m}{dt} = \frac{1}{J_m} M_{np} + \frac{\beta}{J_m} \omega_d - \frac{\beta}{J_m} \omega_m - \frac{1}{J_m} M_{ст}; \\ \frac{dM_{np}}{dt} = c_{12} \omega_d - c_{12} \omega_m; \\ \frac{d\omega_d}{dt} = \frac{1}{J_{д\Sigma}} M_{д} - \frac{1}{J_{д\Sigma}} M_{np} - \frac{\beta}{J_{д\Sigma}} \omega_d - \frac{\beta}{J_{д\Sigma}} \omega_m; \\ \frac{dM_{д}}{dt} = \frac{1}{J_{д\Sigma}} P; \\ \frac{dP}{dt} = \frac{k_{пе}}{2T_{\mu\tau}^2 k_{\tau}} E_{зе} - \frac{k_{пе}}{2T_{\mu\tau}^2 k_{\tau}} U_{ззе} - \\ - \frac{k_{д}}{2T_{\mu\tau}^2} M_{д} - \frac{1}{T_{\mu\tau}} P + \frac{1}{T_{\mu\tau}^2 k_{\tau}} U_{іе}; \\ \frac{dE_{зе}}{dt} = \frac{1}{T_a} U_{ззе} - \frac{1}{T_a} E_{зе}; \\ \frac{dU_{ззе}}{dt} = \frac{k_{н}}{T_a k_{д}} \omega_d - \frac{1}{T_a} U_{ззе}; \\ \frac{dU_{іе}}{dt} = k_{іе} E_{зе} - k_{іе} U_{ззе}. \end{cases}$$

Алгоритмічна схема двомасової системи показана на рис. 1. На схемі оптимізований по модульному критерію контур струму представлений у вигляді послідовного з'єднання аперіодичної і інтегруючої ланки, охоплених одиничним зворотним зв'язком. Сигнал на виході першої ланки пропорційний ривку

електроприводу Р. Запишемо результуючу систему у векторному – матричній формі, доповнивши її рівнянням виходу системи. Введемо вектор стану системи $\bar{X}(t)$ і вектор управління $\bar{U}(t)$:

$$\begin{aligned} \bar{X}(t) &= \{\omega_m(t), M_{пр}(t), \omega_d(t), M_d(t), \\ P(t), E_{зе}(t), U_{зе}(t), U_{іс}(t)\}^T, \\ \bar{U}(t) &= \{U_{зе}(t), M_{ст}(t)\}^T. \end{aligned}$$

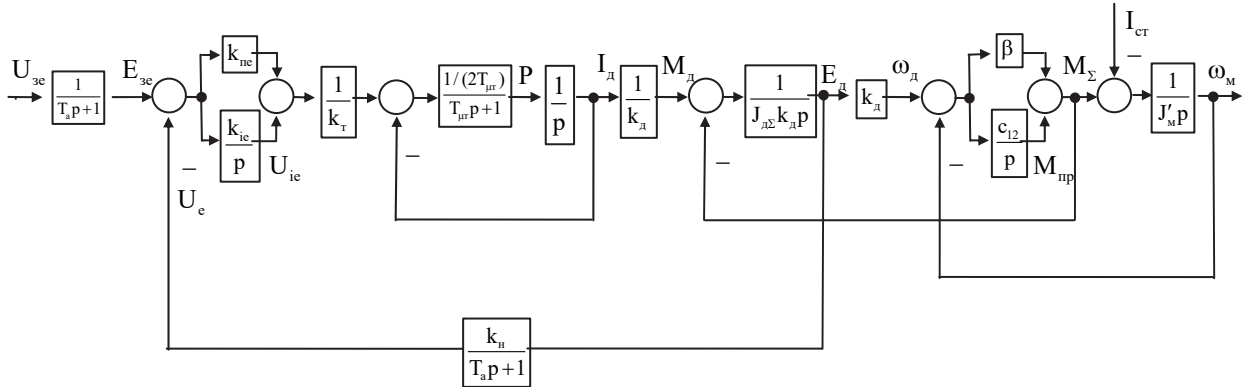


Рис. 1. Алгоритмічна схема двомасової системи регулювання швидкості

Рівняння стану системи і рівняння виходу:

$$\begin{cases} \dot{\bar{X}}(t) = \mathbf{A}\bar{X}(t) + \mathbf{B}\bar{U}(t); \\ \bar{Y}(t) = \mathbf{C}\bar{X}(t), \end{cases} \quad \begin{aligned} \bar{Y}(t) &\text{ – вектор виходу;} \\ \mathbf{A} &\text{ – матриця стану;} \end{aligned}$$

$$\mathbf{A} = \begin{matrix} \begin{matrix} \omega_m & M_{пр} & \omega_d & M_d & P & E_{зе} & U_{зе} & U_{іс} \end{matrix} \\ \left| \begin{array}{cccccccc} \frac{\beta}{J_m} & \frac{1}{J_m} & \frac{\beta}{J_m} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -c & 0 & c & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\beta}{J_d} & -\frac{1}{J_d} & -\frac{\beta}{J_d} & \frac{1}{J_d} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{k_d} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{k_d}{2T_{ит}^2} & -\frac{1}{T_{ит}} & \frac{k_{пе}}{2T_{ит}^2 k_r} & -\frac{k_{пе}}{2T_{ит}^2 K_r} & \frac{1}{2T_{ит}^2 k_r} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{k_и}{T_a k_d} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_a} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{іс} & -k_{іс} & 0 \end{array} \right|, \end{matrix}$$

B – матриця управління:

$$\mathbf{B} = \begin{matrix} \begin{matrix} U_{зе} & M_{ст} \end{matrix} \\ \left| \begin{array}{cc} 0 & -\frac{1}{J_m} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{T_a} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right|,$$

C – матриця виходу (одичина матриця).

2. Моделювання двомасової електромеханічної системи і аналіз отриманих результатів

Для дослідження динамічних характеристик двомасової системи використано систему MATLAB. Розрахунок перехідних процесів виконано як з використанням векторно-матричного рівняння, так і за допомогою схеми моделі системи, зображеної на рис. 2. Графіки перехідних процесів швидкості ме-

ханізму ω_m , швидкості двигуна ω_d і моменту пружності $M_{пр}$ по задаючій і збурюючій діях приведені на рис. 3 і рис. 4. В якості вхідного задавався ступінчастий сигнал з випадковою амплітудою, що знаходиться в межах від +24 В до -24 В. Як видно з графіків, перехідні процеси всіх змінних стану мають характер слабо затухаючих коливань.

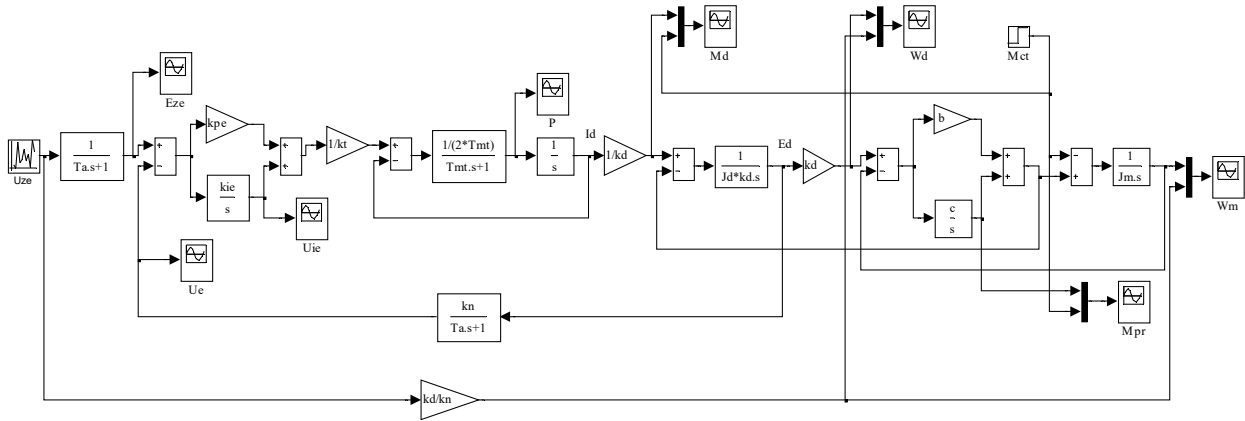


Рис. 2. Схема моделі двомасової системи, розроблена на ЕОМ

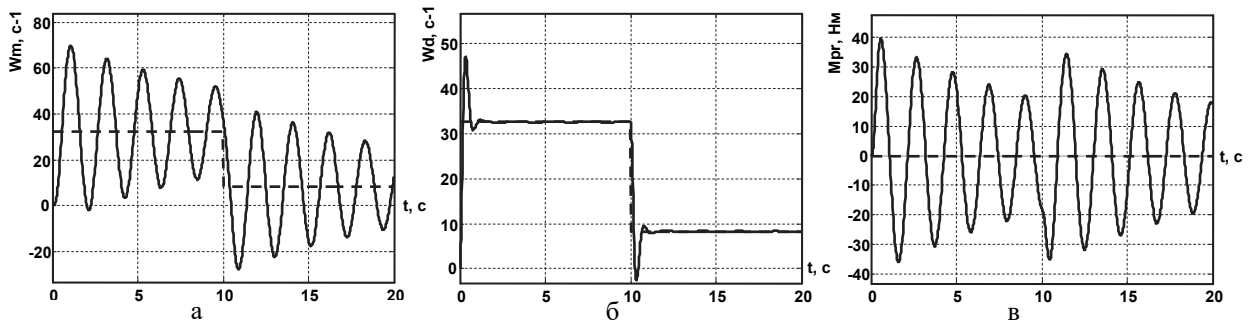


Рис. 3. Графіки перехідні процеси змінних стану двомасової системи по задаючій дії: а – швидкість механізму ω_m ; б – швидкість двигуна ω_d ; в – момент пружності $M_{пр}$

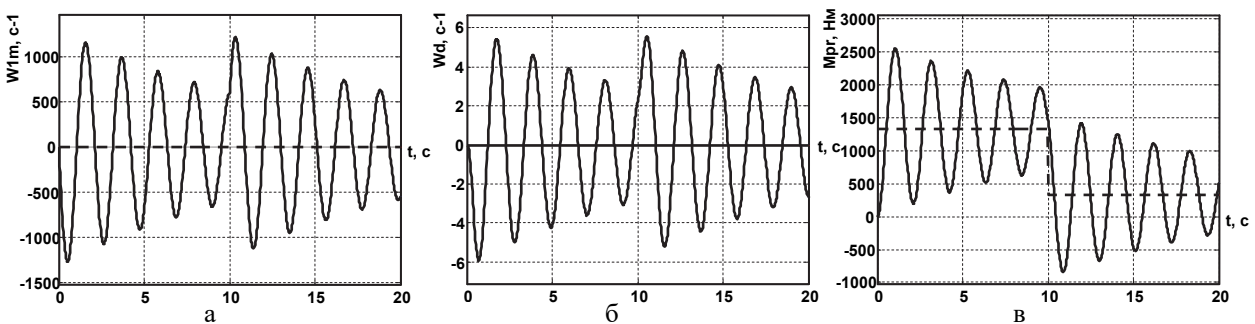


Рис. 4. Графіки перехідні процеси змінних стану двомасової системи по задаючій дії: а – швидкість механізму ω_m ; б – швидкість двигуна ω_d ; в – момент пружності $M_{пр}$

3. Структурна схема нечіткої системи управління двома совою електромеханічною системою

Побудуємо структурну схему нечіткої системи управління двомасовою електромеханічною систе-

мою. Архітектура або модель нечіткого управління заснована на заміні класичної системи управління системою нечіткого управління, у якості якої використовуються системи нечіткого висновку. Будемо оцінювати якість регулювання системи по величині

миттєвої помилки регулювання ε , тобто різниці між заданим значенням швидкості обертання механізму ω_3 і реальною швидкістю обертання механізму ω_m .

Оскільки двомасова система є інерційною, то при регулюванні слід враховувати похідну від помилки регулювання, в якості якої можна використовувати момент пружності $M_{пр}$ в кінематичному ланцюзі електроприводу. Структурна схема системи

управління двомасовою електромеханічною системою з Fuzzy регулятором показана на рис. 5. На входи Fuzzy регулятора подеться помилка регулювання ε і момент пружності $M_{пр}$. Вихідний сигнал Fuzzy регулятора U алгебраїчно підсумовується з сигналом завдання U_{ze} , в результаті чого формується управляюча дія на динамічну систему.

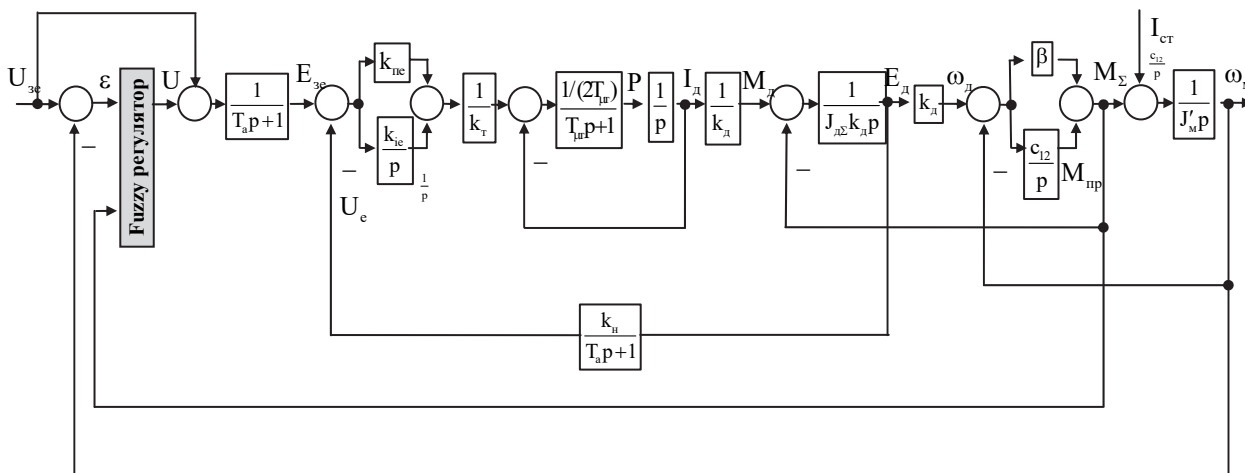


Рис. 5. Структурна схема нечіткої системи управління

4. Моделювання нечіткої системи і аналіз отриманих результатів

Синтез Fuzzy регулятора виконано за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB. В рамках цього пакету можна виконувати необхідні дії по розробці і використанню нечітких моделей.

Для розробки і моделювання системи нечіткого висновку в інтерактивному режимі використані наступні графічні засоби, що входять до складу пакету Fuzzy Logic Toolbox:

редактор систем нечіткого виведення FIS (FIS Editor) або скорочено – редактор FIS;

Редактор функцій приналежності системи нечіткого висновку (Membership Function Editor)

або скорочено – редактор функцій приналежності;

редактор правил системи нечіткого висновку (Rule Editor) або скорочено – редактор правил;

програма перегляду правил системи нечіткого висновку (Rule Viewer) або скорочено – переглядач правил висновку;

програма перегляду поверхні системи нечіткого висновку (Surface Viewer) або скорочено – переглядач поверхні висновку.

Результати моделювання системи з Fuzzy регулятором приведені на рис. 6 і рис. 7. Аналіз результатів моделювання показує що нечітка система має високі динамічні характеристики.

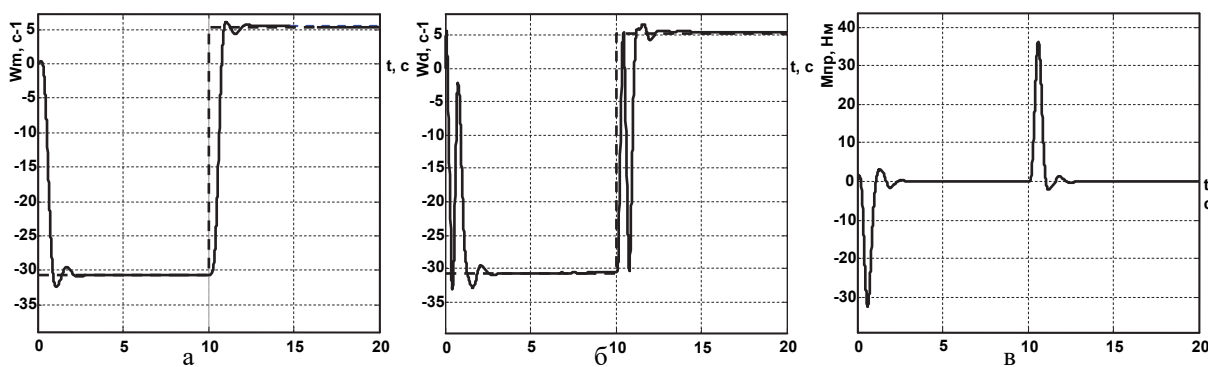


Рис. 6. Графіки перехідні процеси змінних стану двомасової системи з Fuzzy регулятором по задаючій дії:

а – швидкість механізму ω_m ; б – швидкість двигуна ω_d ; в – момент пружності $M_{пр}$

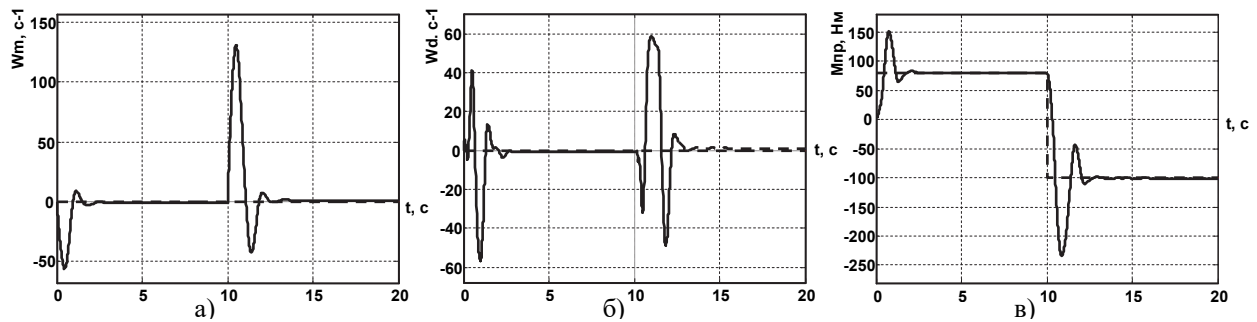


Рис. 7. Графіки перехідні процеси змінних стану нечіткої системи Fuzzy регулятором по збурюючій дії:
а – швидкість механізму ω_m ; б – швидкість двигуна ω_d ; в – момент пружності M_{np}

Висновки

У статті вирішена задача синтезу нечіткої системи управління багатомасовою електромеханічною системою, що має високі показники якості функціонування.

Розроблена математична модель двомасової системи управління електроприводом промислової установки, проведено моделювання системи на ЕОМ. Встановлено, що перехідні процеси змінних стану системи мають незадовільний характер.

Для забезпечення вимог, що пред'являються до сучасних систем управління запропоновано застосування теорії нечітких множин і нечіткої логіки. Розроблено структурну схему нечіткої системи управління. Виконано синтез Fuzzy регулятора, реалізованого в системі MATLAB. Шляхом моделювання системи встановлено, що нечітка система управління двома совою електромеханічною системою має високі динамічні характеристики.

Список літератури

1. Zadeh L. A. *Fuzzy sets. – Information and Control.* – 1965ю – Vol. 8. – Pp. 338-353.
2. Орловский С.А. *Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский.* – М.: Наука, 1981. – 208 с.
3. *Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под. ред. Д.А. Поспелова.* – М.: Наука, 1986. – 312 с.
4. *Прикладные нечеткие системы / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено.* – М.: Мир, 1993. – 398 с.
5. Архангельский В.И. *Системы фuzzi управления / В.И. Архангельский, И.Н. Богаенко, Г.Г. Грабовский.* – К.: Техніка. 1997. – 208 с.

Надійшла до редколегії 17.11.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Сахацький, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.

НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Т.Е. Василец, А.А. Варфоломеев, В.В. Томаш, А.А. Подлесный

Разработана математическая модель и проведено моделирование двухмассовой электромеханической системы на ЭВМ с использованием системы MATLAB. Для улучшения показателей качества функционирования двухмассовой электромеханической системы предложено использование нечетких технологий. Разработана структурная схема двухмассовой системы с Fuzzy регулятором. Проведено моделирование нечеткой системы и выполнен анализ динамических характеристик системы.

Ключевые слова: нечеткие технологии, системы нечеткого вывода, нечеткая система, двухмассовая электромеханическая система, Fuzzy регулятор.

FUZZY CONTROL SYSTEM FOR THE TWO-MASS ELECTROMECHANICAL SYSTEM

T.E. Vasilets, A.A. Varfolomiyev, V.V. Tomash, A.A. Podlesnyiy

Mathematical model of the three-mass electromechanical system is derived and computer simulations with MATLAB is performed. It is proposed to use the fuzzy technologies to improve the performance of the two-mass electromechanical system. Developed a block diagram of the two-mass system with the fuzzy controller. Simulated fuzzy system and analyzed the dynamic performance of the developed system.

Keywords: fuzzy technology, fuzzy inference system, fuzzy system dvomasova-romehanichna electrical system, Fuzzy regulator.