

**ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ПРИВОДНИХ СИСТЕМ
БУРОВОГО ВЕРСТАТУ**

Вступ. Заміна тиристорного привода постійного струму з помірною швидкодією на швидкодіючий транзисторний привод змінного струму у механізмі обертання поставу на існуючих бурових верстатах (БВ), а також впровадження швидкодіючого транзисторного привода змінного струму у механізмах обертання і спусково-підйомних операцій (СПОП) поставу у БВ нового покоління, характеризуються підвищенням вібраційних навантажень на усі механічні конструкції БВ, що веде до виділення потоку потужності не тільки в зоні вибою, яка спрямована на руйнування гірничої породи, а також і в конструктивних елементах безпосередньо на верстаті, що підвищує навантаження, які втомлюють матеріал верстата і призводять до аварійних виходів із строю механічних вузлів (як за правило бурової щогли) [1].

Постановка задачі дослідження. Аналіз динамічної сумісності автоматизованих приводних систем із частотними характеристиками трансмісії механізмів обертання, СПОП і подачі поставу кар'єрних БВ дозволив висунути ідею побудови системи автоматичного керування, яка зосереджує потік механічної потужності у зоні вибою шляхом подавлення вимушених поперечних та власних оберткових коливань поставу, що мінімізує динамічні навантаження на вузли бурових верстатів і забезпечує енерго- і ресурсозбереження при проходці вибухових свердловин [2, 3]. Але остається відкритим питання щодо стійкості такого класу систем в цілому в умовах параметричних збурень, а також забезпечення якості роботи при зміні параметрів об'єкту керування.

Матеріал дослідження. Відомі критерії стійкості систем с нечіткими регуляторами, що досліджені в роботах [4, 5, 6]. В цих роботах сформульовано критерій стійкості для систем с фаззи-регуляторами у вигляді наступного твердження: «Замкнена система з фаззи-регулятором синтезованим на основі локальних фаззи-моделей нелінійного об'єкта при застосуванні традиційних функцій належності лінгвістичних змінних з нормальним перекриттям і гравітаційного метода усунення нечіткості, є стійкою».

У роботах [2, 3] прийнята наступна методика забезпечення припустимих динамічних показників системи управління:

1. Знаходження передавальної функції об'єкту управління;
2. Представлення передавальної функції у однолінійному вигляді із явно вираженими ланками з «великими» сталими часу не вище другого порядку і ланками, що враховують пружні властивості об'єкту управління;
3. Динамічні властивості ланок з «великими» сталими часу корегуються класичними ПІД-регуляторами із налаштуванням контуру на максимальний коефіцієнт підсилення і максимальні сталі часу об'єкта управління, що при зменшенні чисельних значень останніх, забезпечує стійкість контуру при його підвищеному значенні демпфування;
4. Знайдені додаткові передавальні функції об'єкта управління, що обумовлені наявністю пружних властивостей в однолінійній схемі, однозначно визначають передавальні функції додаткових послідовно ввімкнених регуляторів, що перераховуються на передавальні функції додаткових регуляторів, ввімкнених не послідовно, а паралельно до основного класичного регулятора контуру. Оскільки ці додаткові регулятори мають високі ступені поліномів чисельника і знаменника із змінними коефіцієнтами, то вони наближено реалізуються шляхом заміни додаткових паралельно ввімкнених регуляторів, нечіткими регуляторами.
5. При такому підході відома бажана передавальна функція додаткового корегуючого регулятора, за якою знаходиться налаштування нечіткого ПІД-регулятора, що відтворює безпосередньо динамічні властивості початкового додаткового корегуючого регулятора;
6. Якщо початкові класичні додаткові регулятори не порушують стійкість системи управління, то нечіткі ПІД-регулятори, що відтворюють динамічні властивості класичних регуляторів також не порушують стійкості системи управління.

Прийнятий підхід синтезу додаткових нечітких фази регуляторів повністю підпадає під дію сформульованого в роботах проф. А.О. Лозинського твердження з приводу стійкості систем управління. Аналогічно до цих робіт доказ можливо провести і для систем, що досліджуються. Для цього вводимо передавальну функцію нечіткого регулятора в досліджуваній контур, одержуємо передавальну функцію замкненого контуру, виділяємо поліном знаменника і оцінюємо за критеріями Найквіста або Льенара-Шипара умови стійкості системи, тобто перейдемо до аналогічних нерівностей, що опубліковані в згаданих роботах.

В роботах [2, 3] враховувалась тільки зміна маси бурового поставу, що є найбільш суттєвим параметром для приводної системи бурових верстатів. Решта змінних параметрів об'єкта управління (зміна жорсткості трансмісії, опорів, індуктивностей, взаємної індуктивності асинхронного двигуна) не враховувались. Для врахування цих змінних проведено додаткові дослідження на імітаційній моделі приводних систем.

Для кількісного зіставлення якості перехідних процесів вводимо інтегральну оцінку I_K , що враховує швидкість згасання і величину відхилення частоти обертання у сукупності. Прораховувалось не тільки відхилення контрольованої координати від заданого рівня x , але і до другої похідної включно від її відхилення: лінійної швидкості пересування поставу в приводі СПОП і подачі $I_L = \int_0^{\infty} (x^2 + 8 \cdot T_{\mu} \cdot \dot{x}^2 + 32 \cdot T_{\mu}^2 \cdot \ddot{x}^2) \cdot dt$; частоти обертання в приводах обертання, СПОП і подачі $I_{\omega} = \int_0^{\infty} (x^2 + 4 \cdot T_{\mu} \cdot \dot{x}^2 + 8 \cdot T_{\mu}^2 \cdot \ddot{x}^2) \cdot dt$; струму двигуна в приводах обертання, СПОП і подачі $I_c = \int_0^{\infty} (x^2 + 2 \cdot T_{\mu} \cdot \dot{x}^2 + 2 \cdot T_{\mu}^2 \cdot \ddot{x}^2) \cdot dt$, де T_{μ} – стала часу, що зворотно пропорційна циклічній частоті роботи інвертора; x – відхилення контрольованої координати від заданого рівня.

Ця оцінка I_K характеризує наближення перехідного процесу до екстремалі, що обумовлена рішенням диференціального рівняння виродженого характеристичного полінома оптимізованого контуру.

Для привода обертання поставу з ПІ-регулятором струму і зосередженою фаззи-корекцією значення інтегральної оцінки I_K приймалося за базове значення, до якого відносились всі інші значення оцінок. Для привода СПО і подачі поставу з гістерезисним регулятором струму і розподіленою фаззи-корекцією значення інтегральної оцінки I_K приймалося за базове значення, до якого відносились всі інші значення оцінок.

Крім інтегрального критерію якості оцінювався час досягнення першого узгодження t_y і значення перегулювання σ контрольованої змінної. Приймався діапазон зміни параметрів об'єкту керування $\pm 25\%$ при незмінних параметрах системи керування, що налаштована на середні значення параметрів двигуна і бурового поставу.

Висновки. Аналіз показників якості керування приводу обертання із ПІ-регулятором струму як з зосередженою, так із розподіленою фаззи-корекцією доводить, що така система керування забезпечує якісні перехідні процеси тільки при зменшенні параметрів об'єкту керування -25% резистивні опори асинхронного двигуна і момент інерції поставу від початкових значень. У цьому діапазоні зміни резистивних опорів асинхронного двигуна і моменту інерції поставу можуть змінюватися значення індуктивностей обмоток статора, ротора, взаємної індуктивності і жорсткості поставу при забезпеченні задовільних перехідних процесів у приводі обертання із ПІ-регулятором струму як з зосередженою, так із розподіленою фаззи-корекцією.

Привод обертання із гістерезисним регулятором струму і фаззи-корекцією. Результати розрахунків показують, що у всьому діапазоні зміни параметрів двигуна, жорсткості і моменту інерції поставу ($\pm 25\%$) системою керування підтримуються задовільні показники якості керування.

Оцінка якості перехідних процесів привода СПОП і подачі поставу з гістерезисним регулятором струму з розподіленою і зосередженою фаззи-корекцією показала, що у діапазоні зміни параметрів об'єкту керування $\pm 25\%$ такої системи керування забезпечують задовільний рівень коливальності, швидкодії і перегулювання усіх координат системи керування.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бешта О.С., Хілов В.С. Використання керованих приводів у бурових верстатах нового покоління для кар'єрів України / Електроінформ. – Львів. – 2004. – С.22–23.
2. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Хілов В.С. Розвиток методу активної послідовної корекції з використанням нечіткого керування в системах регулювання електроприводами складних електромеханічних установок // Доповіді Національної академії наук України. – 2007. – №3. – С.94–99.
3. Хілов В.С. Использование принципов нечеткого управления для коррекции динамики привода вращателя бурового станка // Вестник КТУ. Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ. – 2007. – №.17. – С.123–129.
4. Лозинский А.О. Аналіз стійкості та синтез нелінійних систем автоматичного керування електротехнічних об'єктів з нечіткими ПІ-регуляторами // Рес. Міжв. Наук.-техн. Збірник 2. «Електромашинобудування та електрообладнання», вип. 60, Київ: Техніка, 2003. – 79-88;
5. Лозинський А.О. Критерії стійкості систем з нечіткими регуляторами // Вісник НТУ «ХП». – 2003. – №10, т.1. – С. 510–511;
6. Лозинский А.О. Електромеханічні системи автоматизації технологічних об'єктів з інтелектуальним керуванням: автореф. дис. на здобуття уч. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи». / А.О. Лозинский –Львів, 2004. – 41 с.