

ность. Расположение пиковых значений виброскорости значительно в области низких частот (8-31,5 Гц), а также в области средних частот. Уровни колебательной скорости на 2-11 дБ превышают допустимые нормы величины (кривая 3). В области высоких частот (свыше 200 Гц) параметры вибрации ниже нормируемого значения, при чем при увеличении частоты значения виброскорости уменьшаются с 1 дБ на частоте 250 Гц до 7 дБ на частоте 1000 Гц.

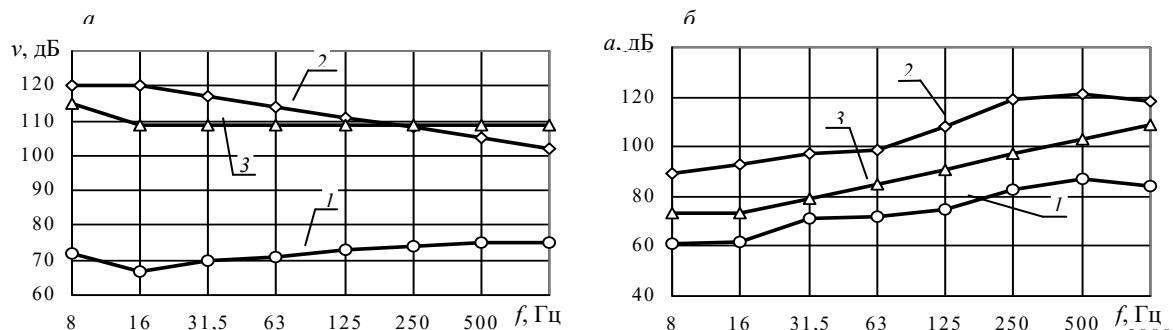


Рис. 4. Уровни колебательной виброскорости *a* и виброускорения *b* исследуемых образцов ударных машин

Согласно полученным экспериментальным данным видно, что после внедрения предлагаемой новой системы виброзащиты параметры виброскорости и виброускорения ниже санитарных норм. Уровень виброскорости молотка с виброзащитной системой на 34-43 дБ ниже предельно допустимого значения, а уровень виброускорения на 8-25 дБ меньше допустимых значений.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, экспериментальная проверка ручной ударной машины с предлагаемой новой конструкцией виброзащитной системы на основе ККВ подтверждает ее работоспособность и показывает значительное уменьшение параметров вибрации на рукоятке управления.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на теоретические исследования влияния конструктивных параметров виброзащитной системы на эффективность снижения уровня вибрации.

Список литературы

1. Тимофеева И.Г. Безопасность труда на виброопасных технологических процессах / И.Г. Тимофеева. – Улан-Удэ, Изд-во ВСГТУ, 2003. – 95 с.
2. Рутковский А.Ю. Новая конструкция виброзащитной системы ручной ударной машины / А.Ю. Рутковский, Д.В. Мулов, Ю.В. Коробейников // Сб. науч. трудов ДонГТУ, вып. 22. – Алчевск: ДонГТУ. – 2006. – С. 33-38.
3. Рутковский А.Ю. Математическая модель рабочего процесса ручной ударной машины с виброзащитной системой / А.Ю. Рутковский, Д.В. Мулов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 14, серія: гірничо-електромеханічна. – Донецк: ДонНТУ. – 2007. – С. 201-206.
4. Мулов Д.В. Экспериментальные исследования упруго-демпфирующих свойств кольцевых канатных виброизоляторов / Д.В. Мулов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 16, серія: гірничо-електромеханічна. – Донецк: ДонНТУ. – 2008. – С. 198-203.
5. Рутковский А.Ю. Динамические испытания кольцевых канатных виброизоляторов / А.Ю. Рутковский, Д.В. Мулов // Сб. науч. трудов ДонГТУ, вып.30. – Алчевск: ДонГТУ. – 2010. – С. 78-86.

Рукопись поступила в редакцию 28.02.12

УДК 681.513.6

А.С. КУЗЬМЕНКО, ассистент, В.П. ЩОКІН, канд. техн. наук, доц.
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ВИКОРИСТАННЯ АВТОРЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ З КОВЗНИМ СЕРЕДНІМ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ ВПЛИВУ ЗАПІЗНЕННЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ З ПЕРЕВІРКОЮ НА АСИМПТОТИЧНУ СТІЙКІСТЬ

Проведено аналіз використання авторегресійних моделей з ковзним середнім для компенсації впливу запізнення об'єкта керування. Названо умови стійкості системи керування із застосуванням авторегресійних моделей при керуванні об'єктом з запізненням.

Постановка проблеми. Серед об'єктів із запізненням найбільш розповсюдженим є клас об'єктів із запізненням на процес керування, наявність якого може призвести до втрати стійкості замкненої системи. Існує декілька підходів подолання негативної дії управління із запізненням на роботу системи: випередження керуючого сигналу, прогнозування поведінки системи, компенсація запізнення за керуванням. Окрім того керовані об'єкти як правило мають невідомі або змінні в процесі роботи впливи та параметри, що тягне за собою появу невизначеності. Задача керування об'єктами із запізненням при наявності параметричної невизначеності може вирішуватися багатьма методами, у тому числі за допомогою механізмів адаптації. Для забезпечення працездатності системи керування в умовах постійного впливу перешкод у контур зворотного зв'язку вводиться передаточна функція у вигляді авторегресійної моделі з ковзним середнім.

Метою даної роботи є дослідження можливості застосування авторегресійної моделі з ковзним середнім для компенсації впливу запізнення об'єкта керування другого порядку.

Матеріали дослідження. Моделі дискретних процесів прийнято записувати у вигляді вихідного сигналу фільтра з невизначеною передаточною функцією $H(p)$

$$H(p) = \frac{b_0 + b_1 p^{-1} + \dots + b_q p^{-q}}{1 + a_1 p^{-1} + \dots + a_p p^{-p}} \quad (1)$$

Зв'язок вхідного і вихідного сигналів у моделях дискретних фільтрів з передаточною функцією (1) прийнято описувати модифікованим різницевим рівнянням

$$y(t) = \sum_{l=0}^q \gamma_l \zeta(t-l) - \sum_{k=1}^p \beta_k y(t-k) \quad (2)$$

Різницеве рівняння характеризує авторегресійні процеси $\sum_{k=1}^p \beta_k y(t-k)$ ($AR(p)$ -модель) з ковзним середнім ($MA(q)$ -модель) $\sum_{l=1}^q \gamma_l \zeta(t-l)$, або $ARMA$ -процеси (Autoregressive with Moving Average).

Розглянемо об'єкт керування із запізненням $\tau = s_0 T$ у структурі замкнутої імпульсної системи з негативним зворотним зв'язком

$$K^*(p) = \frac{W_1^*(p) e^{-ps_0 T}}{1 + W_1^*(p) e^{-ps_0 T}} \quad (3)$$

де $W_1^*(p) = \mathcal{D}\{W_1(p)\}$ – передаточна функція прямої частини у форматі зображення решітчастих функцій.

Прийнято представляти передаточну функцію імпульсних систем у вигляді відношення поліномів e^{pT}

$$W_1^*(p) = \frac{P_1^*(p)}{Q^*(p)} \quad (4)$$

відповідно

$$K^*(p) = \frac{P_1^*(p) e^{-psT}}{G^*(p)} \quad (5)$$

де $G^*(p) = Q^*(p) + P_1^*(p) e^{-psT}$ – характеристичний поліном системи.

Рівняння авторегресійної структури стосовно змінних у вигляді решітчастих функцій

$$y(iT) = \mu \sum_{j=0}^q \gamma_j x((i-j)T) + (1-\mu) \cdot \left(\sum_{j=1}^{p-1} (-1)^{j+1} \cdot p \cdot y((i-j)T) \right) + (-1)^{p+1} \cdot y((i-p)T) + \mu \varepsilon(iT) \quad (6)$$

Якщо вирішити отриманий вираз відносно $Y^*(p)$, отримаємо дрібно-раціональну (функція e^{pT}) передаточну функцію авторегресійної структури

$$W_{ARMA}^*(p) = \frac{\mu \sum_{j=0}^q \gamma_j e^{-pjT}}{(1-\mu) \cdot \left(\sum_{j=1}^{\xi-1} (-1)^{j+1} \cdot \xi \cdot e^{-pjT} \right) + (-1)^{\xi+1} \cdot e^{-p\xi T}}. \quad (7)$$

При застосуванні авторегресійної структури в системі (3) передаточна функція замкнутої системи буде мати такий вигляд

$$K^*(p) = \frac{W_{ARMA}^*(p)W_1^*(p)e^{-ps_0T}}{1 + W_{ARMA}^*(p)W_1^*(p)e^{-ps_0T}}. \quad (8)$$

Проведемо структурний синтез передаточної функції авторегресійної структури з метою усунення впливу запізнення об'єкта на процес керування.

Очевидно, що вплив запізнення на динамічні процеси буде скомпенсовано в разі, якщо характеристичний поліном системи (3) не буде залежати від e^{-ps_0T} , тобто

$$G^*(p) = Q_1^*(p) + P^*(p). \quad (9)$$

З урахуванням цього еталонна передаточна функція має вигляд

$$K_{\text{до}}^*(p) = P^*(p) \frac{M^*(p)}{G^*(p)}. \quad (10)$$

З урахуванням підтримки умов здійсненності, грубості та усунення додаткового перехідного процесу в керуючому впливі умову здійсненності запропоновано представляти у вигляді

$$K_{em}^*(p) = P^*(p)e^{-ps_0T} \frac{M_1^*(p)}{G^*(p)}, \quad (11)$$

$$1 - K_{em}^*(p) = Q_{1-}^*(p) \frac{N^*(p)}{G^*(p)},$$

де $N^*(p), G^*(p), M_1^*(p)$ – поліноми за ступенем e^{pT} , які при синтезі підлягають визначенню.

У [208] запропоновано друге поліноміальне рівняння синтезу виду

$$P^*(p)M_1^*(p) + Q_{1-}^*(p)e^{ps_0T}N^*(p) = G^*(p)e^{ps_0T}, \quad (12)$$

помножити на e^{-ps_0T} і врахувати поліном найменшого ступеня $M_1^*(p) \equiv 1$ та (9)

$$N^*(p) = Q_1^*(p) + P^*(p)[1 - e^{-ps_0T}]. \quad (13)$$

Підставивши знайдені поліноми у друге поліноміальне рівняння (2), визначають [208] еталонну передаточну функцію регулятора

$$W_p^*(p) = \frac{Q_1^*(p)}{Q_1^*(p) + P^*(p)[1 - e^{-ps_0T}]}, \quad (14)$$

або

$$W_{ARMA}^*(p) = \frac{1}{1 + W_1^*(p)[1 - e^{-ps_0T}]}. \quad (15)$$

Враховуючи $W_1^*(p) = \mathcal{D}\{W_1(p)\}$ та реалізацію

$$[1 - e^{-ps_0T}] = x(mT) - x(mT - s_0T), \quad (16)$$

використаємо як регресорний лаг кінцеві різниці вхідної змінної, у цьому випадку рівняння авторегресійної структури (6) буде мати вигляд

$$y(iT) = \mu \sum_{j=0}^q \gamma_j [x((i-j)T) - x((i-s_0)T)] + (1-\mu) \cdot \left(\sum_{j=1}^{p-1} (-1)^{j+1} \cdot p \cdot y((i-j)T) \right) + (-1)^{p+1} \cdot y((i-p)T) + \mu \varepsilon(iT) \quad (17)$$

Якщо (15) вирішити відносно $Y^*(p)$, отримаємо еталонну передаточну функцію авторегресійної структури для компенсації впливу запізнення та підтримки умов здійсненності і грубості, яка буде мати вигляд (7).

Необхідною і достатньою умовою асимптотичної стійкості системи із запізненням є положення всіх коренів рівняння в лівій на півплощині комплексної змінної, тобто виконувалася нерівність

$$\operatorname{Re}[p_i] < \varepsilon \text{ при } i = 1, 2, \dots \quad (18)$$

де ε - довільна додатна мала величина, не дорівнює нулю; p_i - корені рівняння.

Оскільки рівняння є трансцендентним, то кількість коренів буде нескінченно великим, що якісно відрізняє системи із запізненням від систем без запізнення. Знайти корені рівняння важко, тому використаємо критерій, який не потребує знань величин коренів, але показує положення в лівій на півплощині комплексної змінної.

Якщо дослідити поліном, вважаючи, що $p = j\omega$, то відповідно

$$P(j\omega, e^{j\omega T}) = P(\omega) + jQ(\omega) \quad (19)$$

$$\Phi = \arg \left(P(j\omega, e^{j\omega T}) \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{Q(\omega)}{P(\omega)} \right) \quad (20)$$

Таким чином, якщо всі нулі полінома знаходяться в лівій частині, то кут вектора $F(j\omega, e^{j\omega T})$ буде додатним, виконується нерівність

$$\frac{d\Phi}{d\omega} > 0 \quad (21)$$

або

$$\frac{d\Phi}{d\omega} = \frac{P(\omega) \frac{dQ(\omega)}{d\omega} - Q(\omega) \frac{dP(\omega)}{d\omega}}{P^2(\omega) + Q^2(\omega)} > 0 \quad (22)$$

або

$$P(\omega) Q'(\omega) - P'(\omega) Q(\omega) > 0 \quad (23)$$

При всіх дійсних значеннях ω .

Структура розробленої системи компенсації впливу запізнення об'єкта керування з використанням авторегресійної моделі прямої динаміки буде мати вигляд наведений на рис. 1.

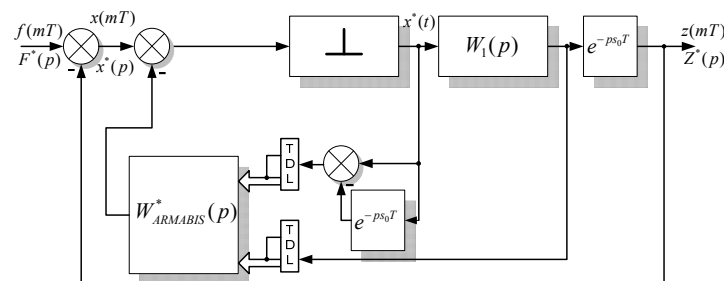


Рис. 1. Структурна схема системи компенсації впливу запізнення об'єкта керування з використанням авторегресійної моделі прямої динаміки

У результаті розроблена структурна схема, яка вміщує в колі внутрішнього зворотного зв'язку авторегресійну модель прямої динаміки, де як критеріальний лаг використані кінцеві різниці вхідної координати об'єкта керування.

Висновки. Використання авторегресійних моделей з ковзним середнім для компенсації впливу запізнення об'єкта керування є перспективним напрямком досліджень. Однією з переваг є те, що при зміні в процесі роботи впливів або параметрів об'єкта розроблена модель дозволяє перевірити стійкість системи керування, що підвищує надійність та прогнозованість системи.

Подальші дослідження направлені на моделювання в різних умовах та дослідження поведінки розробленої структури для компенсації впливу запізнення об'єкта керування.

Список літератури

1. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. - Смоленск: Смоленская городская типография, 2003.

2. Щекин В.П. Метод оцінки максимального запізнення елементів фільтрованого входу нейроемуляторів з зовнішньою динамікою / В.П. Щекин // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы.– 2008.– № 2(22).–С.164–171.

Рукопис подано до редакції 02.04.12

УДК 658.652.64.622.3

А.А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, В.А. АЗАРЯН, канд. техн. наук,

Г.Н. ЛИСОВОЙ, ст.научн. сотр.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Горнорудная промышленность Украины занимает одно из ведущих мест в мире по объему производства. Балансовые запасы страны составляют более 30 млрд т железной руды. Согласно статистике, богатство подземных залежей Украины обеспечит бесперебойную работу местных шахт еще на 95-100 лет. При этом мировые разведанные запасы железной руды составляют порядка 160 млрд т, содержащих около 80 млрд т чистого железа.

В табл. 1 наведено распределение запасов железной руды по странам мира.

Таблица 1

Распределение запасов железной руды по странам мира

Распределение запасов руды по странам от общемирового объема, %		Запасы в пересчете на содержание железа от общемирового объема, %	
страны	%	страны	%
Украина	18	Россия	18
Россия	16	Бразилия	18
Китай	13	Австралия	14
Бразилия	13	Украина	11
Австралия	11	Китай	9
Индия	4	Индия	5
США	4	США	3
Прочие	20	Прочие	22

Обеспечение металлургического производства сырьем с заданными показателями качества и сегодня продолжает оставаться актуальной проблемой. В последние годы получили бурное развитие физические методы контроля параметров горных пород – акустические, электромагнитные и ядернофизические [1].

Особое место среди методов контроля занимают ядернофизические. Эти методы оперативного контроля отличаются от других простотой, технологичностью и высокой информативностью.

Железорудные месторождения Украины имеют сложное геологическое строение, характеризующееся высокой изменчивостью содержания железа, сложностью контактов рудных тел, наличием в контурах месторождений безрудных участков. Истощение запасов богатых руд и вовлечение в разработку участков месторождений со сложными горно-геологическими условиями приводит к снижению среднего содержания железа в исходной руде, что обуславливает