

УДК 681.5

**ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПОВІТРЯНОГО КОМПРЕСОРА
ПІДГОТОВКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ ПНЕВМАТИЧНИХ ПРИВОДІВ****Лісовець С. М., Бигиб А. М.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Створення засобів для забезпечення пневматичних виконавчих елементів систем автоматичного керування стисненим повітрям високої якості.

Методика. Використання планування експерименту на основі композиційних ортогональних планів другого порядку.

Результати. Отримані моделі другого порядку, які дозволяють, з одного боку, забезпечити потрібні налагодження ПДД-регулятора, а з іншого боку, забезпечити найбільш «зносостійкий» режим роботи повітряного компресора.

Наукова новизна. Встановлено, що застосування при підготовці стисненого повітря в контурі стабілізації тиску повітря ПДД-регулятора з потрібними налагодженнями дозволяє працювати повітряному компресору в більш «зносостійкому» режимі (наприклад, виділяючи в стиснене повітря меншу кількість моторних мастил).

Практична значимість. Полягає в тому, що застосування ПДД-регулятора з потрібними налагодженнями дозволяє збільшити ресурс роботи повітряного компресора і зменшити його зношеність.

Ключові слова: забрудненість повітря, контур керування, моторне мастило, ПДД-закон керування, пневматичний привід, стиснене повітря

Обладнання з пневматичними приводами, робочим середовищем в якому слугує стиснене повітря, характеризується простотою конструкції, легкістю обслуговування і експлуатації, високою швидкістю, надійністю і довговічністю роботи, функціональною гнучкістю, невисокою вартістю, а також можливістю роботи в агресивних середовищах, вибухо-, пожежо- і вологонезбезпечних умовах. Стиснене повітря легко акумулюється і транспортується, а його витіки через ущільнення хоча і небажані, але не створюють небезпеки для навколишнього середовища і продукції, яка виробляється, що особливо важливо для харчової, парфумерної, медичної і електронної промисловості [1, 2].

Від електричних приводів пневматичні приводи відрізняються можливістю відтворення лінійних і поворотних рухів без допомоги перетворюючих механізмів, великою питомою потужністю, а також збереженням працеспроможності при перевантаженнях. При цьому швидкість спрацьовування і максимальна вихідна потужність пневматичних виконавчих механізмів, які живляться від промислових пневматичних магістралей, менше. У порівнянні з гідравлічними приводами переваги

пневматичних приводів полягають в можливості використання централізованого джерела стисненого повітря, відсутності зворотних ліній і комунікацій, більш низьких вимог до герметичності, відсутності забруднення навколишнього середовища, великих швидкостях руху вихідного ланцюга. Для пневматичних приводів характерні простота керування, свобода вибору місця встановлення, мала чутливість до змін температури навколишнього середовища [3-5].

Постановка завдання

Разом з тим пневматичним приводам притаманні певні недоліки, які обмежують область їх застосування. Наприклад, у зв'язку з тим, що тиск повітря в централізованих пневматичних магістралях (який складає 0,4...1,0 МПа) значно нижчий тиску рідини в гідравлічних магістралях (який складає до 60 МПа), пневматичні приводи мають значно меншу енергетичну ємність і гірші малогабаритні показники.

Внаслідок стисливості повітря стає технічно складно забезпечити плавність переміщення вихідних ланцюгів виконавчих механізмів при коливаннях навантаження, а також їх точну зупинку в будь-якому проміжному положенні (позиціонування) і реалізацію заданого закону керування.

Розробка нових матеріалів, технологій конструювання і виробництва обумовлює підвищення якості і постійне розширення номенклатури і області застосування пневматичних пристроїв як засобів автоматизації. Розвиток і інтенсивне впровадження електроніки і мікропроцесорної техніки в керування автоматизованим обладнанням і технологічними процесами сприяє удосконаленню пневматичних приводів, приводить до створення «інтелектуальних» електричних пневматичних систем.

Але підготовка якісного повітря для пневмосистем має свої особливості і вимагає певних зусиль. Зокрема, підготовка повітря для пневмосистем здійснюється для досягнення наступної мети: очищення повітря від забруднень, забезпечення заданого рівня тиску, надання повітрю (за необхідністю) мастильних властивостей шляхом розпилення в ньому мастила. Наприклад, першим і найважливішим етапом підготовки повітря є очищення його від забруднень. Присутні в стисненому повітрі забруднення спроможні скоротити строк роботи пневматичного обладнання в 3...7 раз. Крім того, до 80 % відмов пневматичних систем відбуваються через підвищену забрудненість повітря. Отже, належна якість повітря є визначальним фактором надійності і довговічності пневматичних систем.

Крім того, наприклад, відпрацьовані моторні мастила в стисненому повітрі є вкрай небажаними, так як вони в кілька раз зменшують ресурс роботи пневматичних виконавчих елементів систем автоматичного керування – для їх видалення застосовуються мастиловідділювачі, які є недешевими і потребують своєчасного нагляду або заміни. Отже, підготовка якісного повітря для пневмосистем є актуальною задачею.

Результати досліджень

Зазвичай повітряні компресори підготовки повітря для пневматичних приводів працюють в двопозиційному режимі, так як він вимагає мінімальної кількості засобів автоматизації. Такий режим полягає в тому, що для підвищення тиску повітря повітряний компресор вмикається на повну потужність, а при досягненні певного значення тиску повітряний компресор повністю вимикається. Більш ефективна схема контуру керування по тиску повітряним компресором наведена на рис. 1.

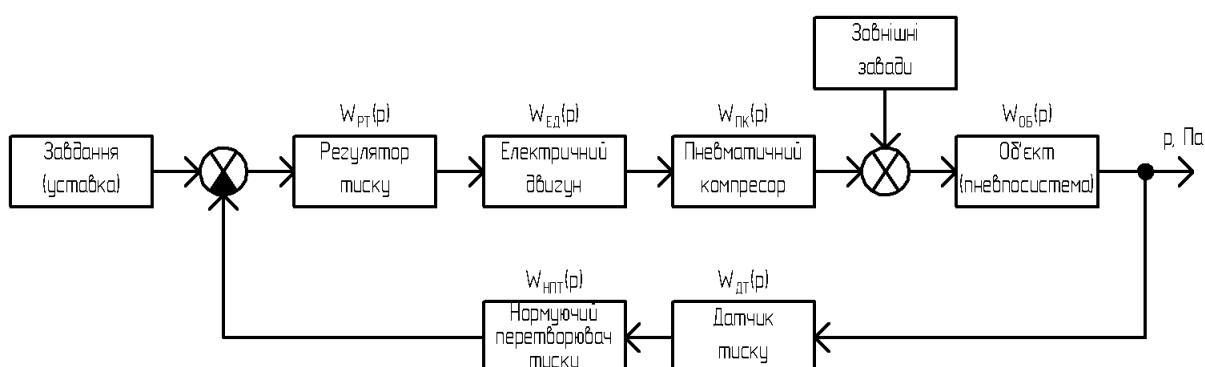


Рис. 1. Структурна схема контуру керування по тиску повітряним компресором

Така схема має «класичний вид» і складається з датчика тиску, нормуючого перетворювача тиску, регулятора тиску, електричного двигуна і пневматичного компресора. Об'єктом керування є пневмосистема разом із пневматичним обладнанням, яке входить до її складу.

В цій схемі необхідно визначити параметри налагодження регулятора згідно з певним критерієм. Так як зазвичай застосовується ПІД-регулятор, то необхідно визначити його коефіцієнт підсилення $K_{РЕГ}$, постійну часу інтегрування $T_{РЕГ}^{ІНТ}$ і постійну часу диференціювання $T_{РЕГ}^{ДИФ}$ відповідно до його функції передачі $W_{РЕГ}(p)$:

$$W_{РЕГ}(p) = K_{РЕГ} \left(1 + \frac{1}{T_{РЕГ}^{ІНТ} p} + T_{РЕГ}^{ДИФ} p \right). \quad (1)$$

Для розрахунку параметрів налагодження ПД-регулятора можуть використовуватися кілька різних критеріїв: наприклад, кореневі, частотні, інтегральні тощо. Якщо використати, наприклад, кореневий критерій, що враховує заданий ступінь стійкості α , то необхідно буде виконати заміну $p = -\alpha + j\omega$ і кілька раз розв'язати систему нелінійних рівнянь

$$\begin{cases} \operatorname{Re}(H(p)) = 0, \\ \operatorname{Im}(H(p)) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $H(p)$ – характеристичний поліном функції передачі $W(p)$ контуру керування по тиску повітряним компресором.

Таким чином, можна отримати набір точок $(K_{\text{РЕГ}}, T_{\text{РЕГ}}^{\text{ІНТ}}, T_{\text{РЕГ}}^{\text{ДИФ}})$, де $K_{\text{РЕГ}}$, $T_{\text{РЕГ}}^{\text{ІНТ}}$ і $T_{\text{РЕГ}}^{\text{ДИФ}}$ мають різні значення, але відповідають одному й тому ж самому значенню α (або кілька наборів точок, які відповідають кільком різним значенням α). Після цього можна використати планування експерименту на основі композиційних ортогональних планів другого порядку. Суть такого планування експерименту полягає в тому, що вхідні фактори (тобто $K_{\text{РЕГ}}$, $T_{\text{РЕГ}}^{\text{ІНТ}}$ і $T_{\text{РЕГ}}^{\text{ДИФ}}$) в натуральному масштабі повинні лежати в діапазоні допустимих значень α , а цільовою функцією $Q(x_1, x_2, x_3)$ є, наприклад, кількість моторних мастил в стисненому повітрі пневмосистеми:

$$Q(x_1, x_2, x_3) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2, \quad (3)$$

де x_1, x_2, x_3 – вхідні фактори в кодованому масштабі; β_0 – постійний коефіцієнт; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – лінійні коефіцієнти; $\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ – коефіцієнти взаємного впливу; $\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$ – нелінійні коефіцієнти.

Як показують експерименти і розрахунки, в переважній більшості випадків цільова функція $Q(x_1, x_2, x_3)$ має мінімум, який відповідає роботі повітряного компресора в більш «зносостійкому» режимі. Таким чином, використання параметрів налагодження ПД-регулятора, які відповідають мінімуму функції $Q(x_1, x_2, x_3)$, дозволяє зменшити кількість моторних мастил в стисненому повітрі пневмосистеми до мінімально можливого, зберігаючи при цьому необхідну якість перехідних процесів керування пневматичним компресором.

Висновки

Проведення експериментів і розрахунків показало, що використання оптимальних налагоджень ПД-регулятора дозволяє як подовжити ресурс роботи повітряного компресора підготовки повітря для пневматичних приводів, так і підвищити якість стисненого повітря.

Список використаних джерел

1. Ключев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. Л. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Кудрявцев А. И. Монтаж, наладка и эксплуатация пневматических приводов и устройств / А. И. Кудрявцев, А. П. Пятидверный, Е.А. Рагулин. – М.: Машиностроение, 1990. – 206 с.
3. Нагорный В. С. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем / В. С. Нагорный, А. А. Денисов. – М.: Высшая школа, 1991. – 367 с.
4. Наземцев А. С. Гидравлические и пневматические системы. Часть 1. Пневматические приводы и средства автоматизации: Учебное пособие / А. С. Наземцев. – М.: ФОРУМ, 2004. – 240 с.: ил.
5. Наземцев А. С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие / А. С. Наземцев, Д. Е. Рыбальченко. – М.: ФОРУМ, 2007. – 304 с.

References

1. Klyuev, A.S., Glazov, B.V., & Dubrovskiy, A.Kh. (1990). *Proektirovanie sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov. Spravochnoe posobie* [Designing of systems of automation of technological processes. Reference Manual]. Moscow: Energoatomizdat [in Russian].
2. Kudryavtsev, A.I., Pyatidvernyy, A.P., & Ragulin, Ye.A. (1990). *Montazh, naladka i ekspluatatsiya pnevmaticheskikh privodov i ustroystv* [Installation, adjustment and operation of pneumatic drives and devices]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
3. Nagornyy, V.S., & Denisov, A.A. (1991). *Ustroystva avtomatiki gidro- i pnevmosistem* [Automatics of hydraulic and pneumatic systems]. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
4. Nazemtsev, A.S. (2004). *Gidravlicheskie i pnevmaticheskie sistemy. Chast 1. Pnevmaticheskie privody i sredstva avtomatizatsii: Uchebnoe posobie* [Hydraulic and pneumatic systems. Part 1. Pneumatic drives and automation tools: A manual]. Moscow: FORUM [in Russian].
5. Nazemtsev, A.S., & Rybalchenko, D.Ye. (2007). *Pnevmaticheskie i gidravlicheskie privody i sistemy. Chast 2. Gidravlicheskie privody i sistemy. Osnovy. Uchebnoe posobie* [Pneumatic and hydraulic drives and systems. Part 2. Hydraulic drives and systems. Basics. Tutorial]. Moscow: FORUM [in Russian].

Выбор оптимального режима работы воздушного компрессора подготовки воздуха для пневматических приводов

Лисовец С. Н., Бигиб А. Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Создание средств для обеспечения пневматических исполнительных элементов систем автоматического управления сжатым воздухом высокого

якості.

Методика. *Использование планирования эксперимента на основе композиционных ортогональных планов второго порядка.*

Результаты. *Полученные модели второго порядка, которые позволяют, с одной стороны, обеспечить необходимые настройки ПИД-регулятора, а с другой стороны, обеспечить наиболее «износостойкий» режим работы воздушного компрессора.*

Научная новизна. *Установлено, что применение при подготовке сжатого воздуха в контуре стабилизации давления воздуха ПИД-регулятора с нужными настройками позволяет работать воздушному компрессору в более «износостойком» режиме (например, выделяя в сжатый воздух меньшее количество моторных масел).*

Практическая значимость. *Заключается в том, что применение ПИД-регулятора с нужными настройками позволяет увеличить ресурс работы воздушного компрессора и уменьшить его износ.*

Ключевые слова: *загрязнённость воздуха, контур управления, моторное масло, ПИД-закон управления, пневматический привод, сжатый воздух*

Choosing the optimal operating mode of the air compressor for air preparation for pneumatic actuators

Lisovets S. N., Bigib A. N.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. *Creation of facilities for providing of pneumatic executive elements of the systems of automatic control by the compressed air of high quality.*

Methodology. *Use of planning of experiment on the basis of composition orthogonal plans the second order.*

Findings. *Got models the second order, that allow, from one side, to provide the necessary tuning of PID-regulator, and on the other hand, to provide the most «wearproof» mode of operations of air compressor.*

Originality. *It is set that application at preparation of the compressed air in the contour of stabilizing of pressure of air of PID-regulator with the necessary tuning allows to work to the air compressor in more «wearproof» mode (for example, distinguishing less of motor oils in the compressed air).*

Practical value. *Consists in that application of PID-regulator with the necessary tuning allows to increase the resource of work of air compressor and decrease his wear.*

Keywords: *air pollution, control loop, engine oil, PID control law, pneumatic drive, compressed air*