

УДК 51-74
ББК 22.311

В.Г. Кочкарев
О.В. Репецкий

ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЯМИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кратко описаны методы управления колебаниями. Рассмотрена проблема активного управления колебаниями на основе традиционных и самоорганизующихся нечетких контроллеров.

Ключевые слова: активное управление колебаниями, нечеткая логика, пьезоэлектрический эффект, самоорганизующийся нечеткий контроллер, демпфирование.

V.G. Kochkarev
O.V. Repetskiy

PROBLEM OF DEVELOPMENT OF MACHINE ELEMENTS' VIBRATION CONTROL METHODS

The article gives a brief overview of vibration control methods. Particular attention is paid to problems of active control of vibrations using conventional and self-organized fuzzy-logic controllers.

Keywords: active control of vibrations, fuzzy logic, piezoelectric effect, self-organized fuzzy-logic controller, damping.

Механические системы — приводы, станки, роботы-манипуляторы, турбомашин и газотурбинные двигатели самолетов, как правило, страдают от внешних или внутренних вибраций из-за дисбаланса, несоосности, резонансов, особенностей материала и трещин. Эти колебания нежелательны и могут иметь пагубные последствия.

Существующие методы демпфирования можно разделить на пассивные, активные и комбинированные. К пассивным методам управления относят: конструктивные, виброизоляцию, демпферы, динамические и ударные гасители. К комбинированным: отбор внутренней энергии системы, полуактивные демпферы, изменение конструктивной схемы в процессе эксплуатации. К активным: создание динамического противодействия, изменения конструктивной схемы, перераспределение внутренней энергии системы [2]. Традиционно для решения проблем со структурной вибрацией [8] используются различные пассивные методы демпфирования, однако их трудно применить в области низких частот [4].

Следует отметить, что системы активного управления колебаниями начали интенсивно разрабатывать в последние четыре десятилетия благодаря потребностям авиации, а также созданию быстродействующих управляемых манипуляционных роботов с упругими звеньями. Наибольшее число публикаций в этой области посвящено исследованию «умных» структур (smart structures) — конструкций с интегрированной в структуру системы активного управления колебаниями [1; 3; 6; 10], важным компонентом которых являются пьезоэлектрические материалы.

Большим преимуществом пьезоматериалов является то, что они обладают практически мгновенной реакцией, а также и то, что их физические свойства можно описать линейными алгебраическими соотно-

шениями с симметричной матрицей коэффициентов (типа обобщенного закона Гука). В силу прямого и обратного пьезоэффектов возникновение электрических напряжений при деформировании и деформации под воздействием электрических напряжений поэтому может выполнять функции сенсора и линейного привода (рис. 1) [7; 9; 12].



Рис. 1. Схема гибкой балки

Реализация классического управления в сложных и нелинейных системах затруднено, поскольку они не могут быть точно описаны математически. Использование нечеткой логики решает эту проблему (рис. 2).

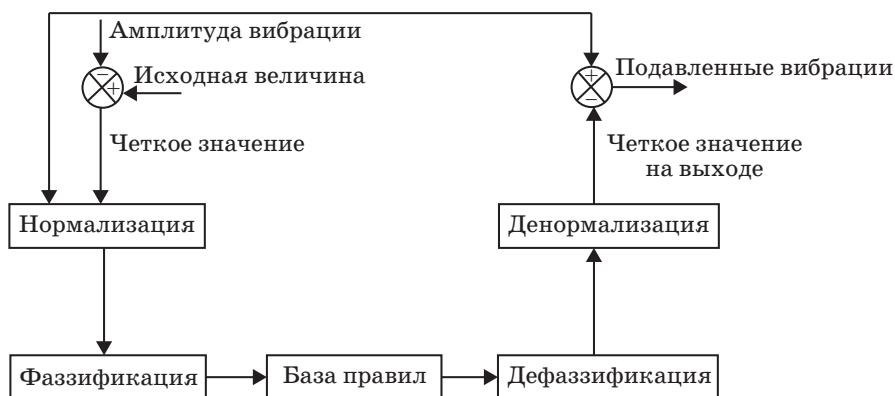


Рис. 2. Блок-диаграмма системы управления колебаниями на основе нечеткой логики (источник: [14])

Zeinoun I.J., Khorrami F. [15] был предложен алгоритм нечеткой логики для балки с пьезоэлектрическими датчиком и линейным приводом. A. Ofri и др. [11] также использовали систему управления на основе теории нечеткой логики для подавления колебаний в больших плоскостных структурах.

В общем нечеткие логические контроллеры используют нечеткие выводы с правилами, заранее подготовленными экспертом. Таким образом, важнейшей задачей является формирование базы правил, которая представляет опыт и интуицию человека-эксперта.

Самоорганизующийся нечеткий контроллер (self-organizing fuzzy controller) — это тип контроллера, который в режиме «on-line», т.е. подключенный к системе, узнает, как управлять. Он был успешно использован для широкого спектра процессов [13]. Данный контроллер сочетает в себе системы идентификации и управления на основе опыта. Для нормального функционирования достаточно минимальной информации.

В своей работе Gustavo Luiz C.M. de Abreu, José F. Ribeiro [8] описали проблему самоорганизующихся нечетких контроллеров для активного управления колебаниями и провели эксперимент (рис. 3).

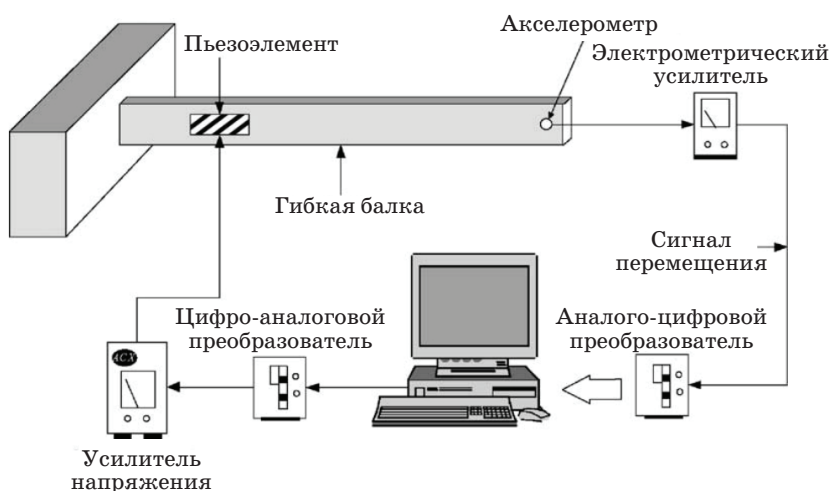


Рис. 3. Схема эксперимента

Результаты эксперимента представлены на рис. 4, 5.

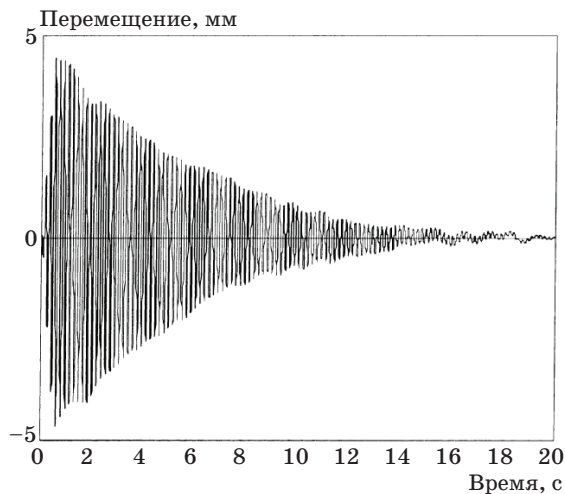


Рис. 4. Реакция без обратной связи

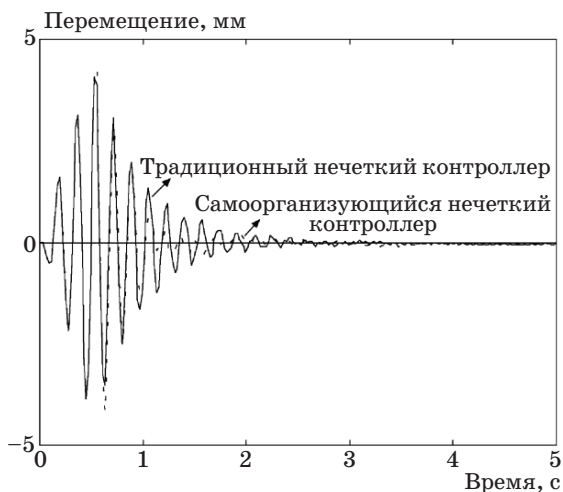


Рис. 5. Реакция с обратной связью

Поскольку одной из главных задач на данный момент является минимизация роли человека-эксперта при создании системы активного управления колебаниями, то более эффективно использовать адаптивные системы на базе самоорганизующихся нечетких контроллеров, т.к. они менее чувствительны к изменению структурных параметров.

Список использованной литературы

1. Александров В.В. Оптимизация динамики управляемых систем / В.В. Александров, В.Г. Болтянский, С.С. Лемак и др. — М.: Изд-во МГУ, 2000. — 304 с.
2. Ковыршин С.В. Разработка математических моделей активного демпфирования и оценки долговечности деталей машин: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Ковыршин. — Иркутск, 2006. — 125 с.
3. Crawley E.F., de Luis J. Use of Piezoelectric Actuators as Elements of Intelligent Structures // AIAA Journal, 1987, Vol. 25, No. 10.
4. Fuller C.R., Gibbs G.P., Silcox R.J. Simultaneous active control of flexural and extensional waves in beams // Journal of Mater. Syst. and Struct., 1:235–247, 1990.
5. Gustavo Luiz C.M. de Abreu, José F. Ribeiro, A self-organizing fuzzy logic controller for the active control of flexible structures using piezoelectric actuators., 2002.
6. Hagood N.W., Chung W.H., von Flotow A. Modelling of Piezoelectric Actuator Dynamics for Active Structural Control. AIAA-90-1087-CP, 1990. P. 2242–2256.
7. Halim D., Moheimani S.O.R. Spatial resonant control of flexible structures — application to a piezoelectric laminate beam. IEEE Trans. on Control Systems Technology, 9(1):37–53, 2001.
8. Mead D.J. Passive Vibration Control. Vol. 141-2. Wiley, UK, 1997.
9. Moheimani S.O.R., Pota H.R., Petersen I.R. Spatial control for active vibration control of piezoelectric laminates // Proc. of the 37th Conf. on Decision and Control, Tampa, USA, December 1998.
10. Nitzsche F., Breitbach E.J. Using Adaptive Structures to Attenuate Rotary Wing Aeroelastic Response // Journal of Aircraft. 1994., Vol. 31, No. 5. P. 1178–1188.
11. Ofri A., Tanchum W., Guterman H. Active Control for Large Space Structure by Fuzzy Logic Controllers, IEEE Press, Silver Spring, MD, 1996.
12. Petersen I.R., Pota H.R. Minimax LQG optimal control of a flexible beam. Control Engineering Practice, 11:1273–1287, 2003.
13. Shao S. Fuzzy self-organizing controller and its application for dynamic processes, Fuzzy Set Syst., 1988.
14. Vadiraj Joshi Active Vibration Control using Fuzzy Logic. URL: http://electrosofts.com/fuzzy/active_vibration_control.html.
15. Zeinoun I.J., Khorrami F. An adaptive control scheme based on fuzzy logic and its application to smart structures, Smart Mater. Struct., 1994.

References

1. Aleksandrov V.V. Optimizatsiya dinamiki upravlyaemykh sistem / V.V. Aleksandrov, V.G. Boltyanskii, S.S. Lemak i dr. — М.: Izd-vo MGU, 2000. — 304 s.
2. Kovyrrshin S.V. Razrabotka matematicheskikh modelei aktivnogo dempfirovaniya i otsenki dolgovechnosti detalei mashin: dis. ... kand. tekhn. nauk / S.V. Kovyrrshin. — Irkutsk, 2006. — 125 s.
3. Crawley E.F., de Luis J. Use of Piezoelectric Actuators as Elements of Intelligent Structures // AIAA Journal, 1987, Vol. 25, No. 10.
4. Fuller C.R., Gibbs G.P., Silcox R.J. Simultaneous active control of flexural and extensional waves in beams // Journal of Mater. Syst. and Struct., 1:235–247, 1990.
5. Gustavo Luiz C.M. de Abreu, José F. Ribeiro, A self-organizing fuzzy logic controller for the active control of flexible structures using piezoelectric actuators., 2002.

6. Hagood N.W., Chung W.H., von Flotow A. Modelling of Piezoelectric Actuator Dynamics for Active Structural Control. AIAA-90-1087-CP, 1990. P. 2242–2256.

7. Halim D., Moheimani S.O.R. Spatial resonant control of flexible structures — application to a piezoelectric laminate beam. IEEE Trans. on Control Systems Technology, 9(1):37–53, 2001.

8. Mead D.J. Passive Vibration Control. Vol. 141-2. Wiley, UK, 1997.

9. Moheimani S.O.R., Pota H.R., Petersen I.R. Spatial control for active vibration control of piezoelectric laminates // Proc. of the 37st Conf. on Decision and Control, Tampa, USA, December 1998.

10. Nitzsche F., Breitbach E.J. Using Adaptive Structures to Attenuate Rotary Wing Aeroelastic Response // Journal of Aircraft. 1994. Vol. 31, No. 5. P. 1178–1188.

11. Ofri A., Tanchum W., Guterman H. Active Control for Large Space Structure by Fuzzy Logic Controllers, IEEE Press, Silver Spring, MD, 1996.

12. Petersen I.R., Pota H.R. Minimax LQG optimal control of a flexible beam. Control Engineering Practice, 11:1273–1287, 2003.

13. Shao S. Fuzzy self-organizing controller and its application for dynamic processes, Fuzzy Set Syst., 1988.

14. Vadiraj Joshi Active Vibration Control using Fuzzy Logic. URL: http://electrosofts.com/fuzzy/active_vibration_control.html.

15. Zeinoun I.J., Khorrami F. An adaptive control scheme based on fuzzy logic and its application to smart structures, Smart Mater. Struct., 1994.

Информация об авторах

Кочкарев Владислав Геннадьевич — аспирант, кафедра информатики и кибернетики, Байкальский государственный университет экономики и права, г. Иркутск, e-mail: vladislav.2008@yahoo.com.

Репецкий Олег Владимирович — доктор технических наук, профессор, проректор по международной деятельности, Байкальский государственный университет экономики и права, г. Иркутск, e-mail: repetskiy@isea.ru.

Authors

Kochkarev Vladislav Gennadyevich — post-graduate student, Chair of Computer Science and Cybernetics, Baikal State University of Economics and Law, Irkutsk, e-mail: vladislav.2008@yahoo.com.

Repetskiy Oleg Vladimirovich — Doctor of Science in Engineering, Professor, Vice Rector for International Relations, Baikal State University of Economics and Law, Irkutsk, e-mail: repetskiy@isea.ru.