

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО ПО НАГРУЗКЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Чернышев Н.Н., магистр; Рафиков Г.Ш., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Общая постановка проблемы. В современной теории управления определяющей концепцией становится конструирование регулятора не для отдельно взятого объекта управления, а для множества объектов включая, так называемый, номинальный, определяемых классами неопределенности в описании моделей объекта управления.

Данная проблема эффективно решается с использованием методов H^∞ – теории управления. Конструирование робастного регулятора сводится к решению проблемы H^∞ – оптимизации: минимизации H^∞ – нормы замкнутой передаточной функции от внешнего входа к внешнему выходу путем выбора регулятора из множества допустимых регуляторов. Регуляторы, синтезированные с использованием этого критерия оптимальности, обеспечивают устойчивость замкнутой системы и минимальную чувствительность к возмущениям.

Объектом исследования является система взаимосвязанного по нагрузке электропривода, которая применяется по конструктивным соображениям или с целью уменьшения момента инерции электропривода, а так же из-за невозможности выполнения привода большой мощности с одним двигателем. Двигатели соединятся между собой механическим или электрическим способом. Подобного рода взаимосвязные электроприводы встречаются в механизмах металлургической промышленности, кузнечно – прессовых машинах, подъемно – транспортных устройствах, в специальных установках большой мощности [1].

Постановка задачи синтеза робастного регулятора. В работе рассматривается система взаимосвязанного по нагрузке электропривода. Цель построения системы управления – равномерное распределение нагрузок между отдельными электроприводами взаимосвязанной системы [1,2].

Структурная схема электропривода приведена на рис. 1. На схеме: x_1, x_2 – отклонения выходных напряжений тиристорных преобразователей, подаваемых в якорные цепи двигателей; x_3, x_4 – отклонения якорных токов приводных двигателей; x_5 – отклонение угловой скорости вращения вала двигателей; u_1, u_2 – отклонения управляющих напряжений, подаваемых на тиристорные преобразователи с системы управления приводами; $M_{д1}, M_{д2}$ – отклонения электромагнитных моментов, развиваемых двигателями от номинала; M_c – отклонение момента сопротивления (нагрузки); $T_{тп1}, T_{тп2}$ – постоянные времени тиристорных преобразователей; $k_{тп1}, k_{тп2}$ – коэффициенты передачи тиристорных преобразователей; $c_{м1}, c_{м2}, c_{e1}, c_{e2}$ – конструктивные постоянные двигателей; $R_{я1}, R_{я2}$ – активные сопротивления якорных цепей двигателей; $T_{э1}, T_{э2}$ – электромагнитные постоянные якорных цепей двигателей; J – суммарный приведенный момент инерции к одному из валов двигателя.

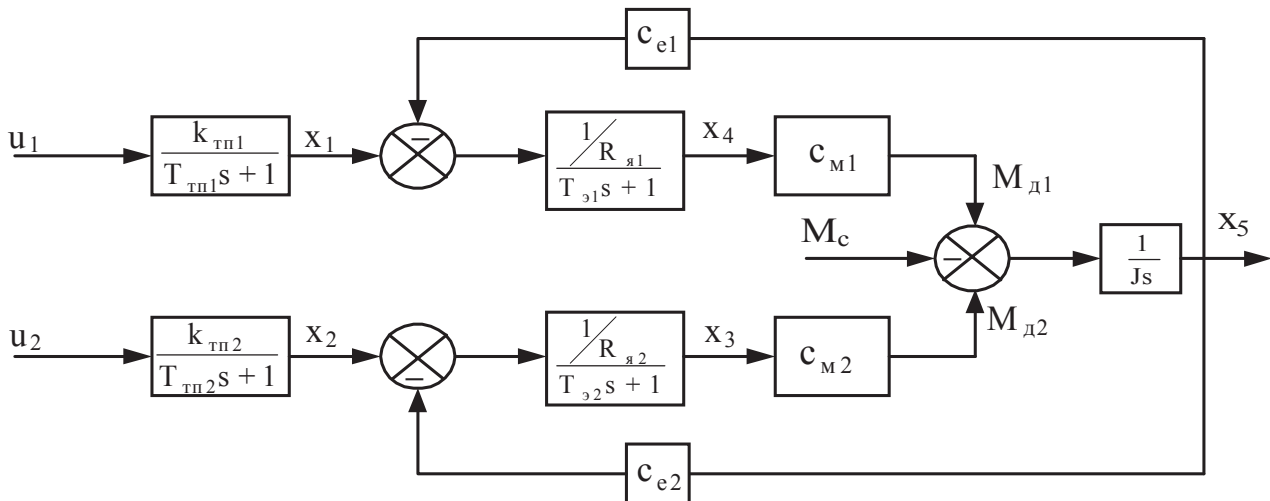


Рисунок 1 – Структурная схема системы взаимосвязанного по нагрузке электропривода

Математическая модель системы в пространстве состояний имеет вид (1):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{1}{T_{тп1}} x_1 + u_1 \frac{k_{тп1}}{T_{тп1}}; & \dot{x}_2 &= -\frac{1}{T_{тп2}} x_2 + u_2 \frac{k_{тп2}}{T_{тп2}}; & \dot{x}_3 &= -\frac{1}{R_{я1} T_{e1}} x_1 - \frac{1}{T_{e1}} x_3 - \frac{c_{e1}}{R_{я1} T_{e1}} x_5; \\ \dot{x}_4 &= -\frac{1}{R_{я2} T_{e2}} x_2 - \frac{1}{T_{e2}} x_4 - \frac{c_{e2}}{R_{я2} T_{e2}} x_5; & \dot{x}_5 &= \frac{c_{м1}}{J} x_3 + \frac{c_{м2}}{J} x_4 - \frac{1}{J} M_c. \end{aligned} \quad (1)$$

Синтез ЛКГ регулятора. Произведем синтез фильтра Калмана при наличии возмущений, действующих в цепи измерения, который позволяет оценить переменные состояния объекта управления на основе данных о случайных внешних возмущениях и ошибках измерений.

Вычисление матриц коэффициентов обратной связи фильтра Калмана и оптимального регулятора велось по методике, представленной в [3,4].

Синтез H^∞ - субоптимального регулятора. Поставленная задача решена с помощью метода “2-Риккати подхода”. Поиск регулятора проведен по алгоритму, представленному в [5]. Алгоритм организован по схеме последовательного поиска все более малого значения критерия и стабилизирующей обратной связи, обеспечивающей его достижение.

Результаты. При подстановке численных значений параметров $c_{м1}=8,1 \text{ Н*м/А}$, $c_{м2}=8,262 \text{ Н*м/А}$, $c_{e1}=8,15 \text{ В*с/рад}$, $c_{e2}=8,313 \text{ В*с/рад}$, $T_{э1}=0,0886 \text{ с}$, $T_{э2}=0,090372 \text{ с}$, $R_{я1}=0,0819 \text{ Ом}$, $R_{я2}=0,08358 \text{ Ом}$, $J=32,5 \text{ кг*м}^2$, $T_{тп1}=0,001 \text{ с}$, $T_{тп2}=0,0012 \text{ с}$, $k_{тп1}=161,2$, $k_{тп2}=164,424$ в (1) получены матрицы объекта управления, имеющие следующие размерности $A_{(5 \times 5)}$, $B_{1(1 \times 5)}$, $B_{2(2 \times 5)}$, $C_{(3 \times 5)}$.

На рис. 2 (а), б)) представлены переходные процессы по отклонению якорных токов электродвигателей с ЛКГ и H^∞ – субоптимальным регулятором соответственно.

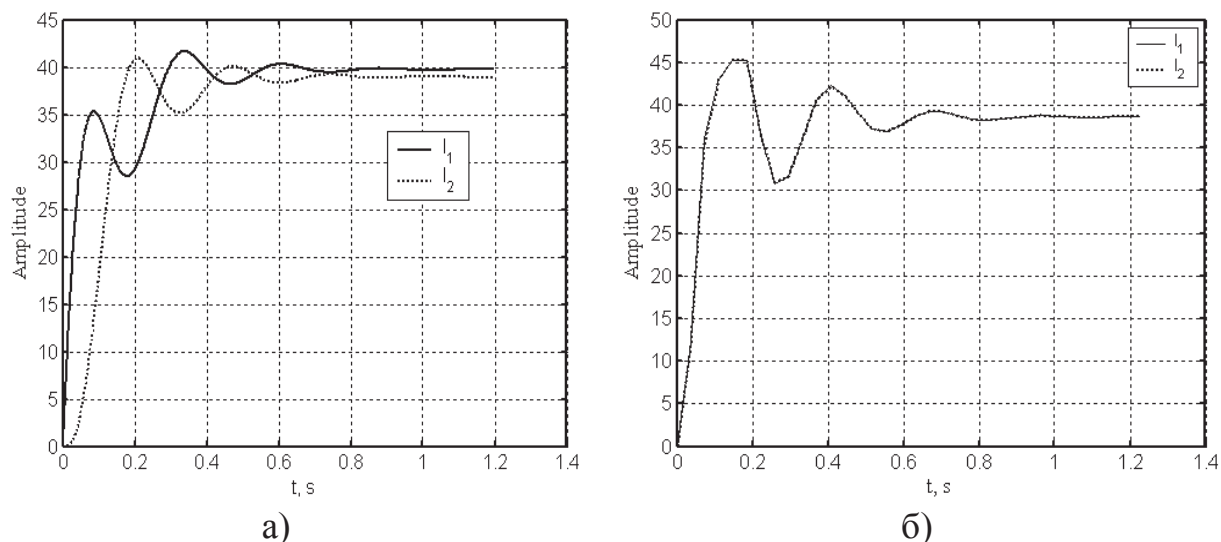


Рисунок 2 – График отклонения якорных токов электродвигателей при использовании ЛКГ (а) и H^∞ – субоптимального регулятора (б))

Из приведенных графиков видно, что при использовании H^∞ – субоптимального регулятора двигатели равнонагружены, т.к. переходные процессы их якорных токов полностью совпадают, чего не наблюдается при использовании ЛКГ регулятора.

Выводы по работе:

1. Получена модель системы взаимосвязанного по нагрузке электропривода в пространстве состояний.
2. На основе современной теории управления произведен синтез ЛКГ и H^∞ – субоптимального регулятора.
3. Решена задача равномерного распределения нагрузок между отдельными электроприводами взаимосвязанной системы.
4. Проведено моделирование замкнутой системы управления с ЛКГ и H^∞ – субоптимальным регулятором. Дана оценка качества полученных переходных процессов. H^∞ – субоптимальный регулятор обеспечивает лучшее качество переходных процессов по отклонениям токов двигателей.

Перечень ссылок

1. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. - 6-е изд., доп. и перераб. - М.: Энергоиздат, 1981. - 576 с.
2. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов.-Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982.-292 с.
3. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Control System Toolbox. MATLAB 5 для студентов/ Под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 1999 – 278 с. (Пакеты прикладных программ).
4. Robust Control Toolbox User's Guide, The WathWorks, Inc., 2001.
5. Барабанов А.Е., Первозванский А.А. Оптимизация по равномерно частотным показателям (H^∞ - теория) // Автоматика и телемеханика.-1992.- №9.-С. 3-32.