

СЕРВОПРИВОДЫ С КВАДРАТИЧНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО СКОРОСТИ

Хаджинов М. К., Доманов А. Т., Павлова А. В.

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: khm@bsuir.by, kafsu@bsuir.by, pavlova@bsuir.by

Рассматриваются сервоприводы с модальным регулятором, наблюдателем и компенсатором возмущений. Предлагается использовать квадратичную обратную связь по скорости для недопущения режима автоколебаний из-за ограничения вращающего момента двигателя.

ВВЕДЕНИЕ

Высококачественные сервоприводы имеют, как правило, структуру подчинённого регулирования, с тремя контурами регулирования: положения, скорости и тока. Традиционная методика настройки регуляторов даёт не лучший вариант регулирования, но реальных попыток использовать модальные методы регулирования не предпринималось.

Можно настроить все регуляторы сервопривода на любой желаемый полином [1] и тем самым осуществить модальное управление традиционными регуляторами. Развитие этого направления с использованием наблюдателя с встроенным модальным регулятором [2] и компенсатором внешних возмущений [3] позволяет высокоэффективно управлять по упрощённой модели и сделать более практичный модальный регулятор для сервопривода, базирующегося на единственном датчике - энкодере.

I. Постановка задачи

Высокоточные сервоприводы всегда имеют ограничение по ускорению и узкую зону линейности, преодоление которой входным сигналом часто приводит к автоколебаниям. Ставится задача недопущения режима автоколебаний при сохранении высокой динамичности сервопривода.

Средством недопущения автоколебаний при больших сигналах управления может быть использование программатора (задатчика интенсивности) в виде контура второго порядка с ограничением ускорения. Если в программатор вкладывать желаемые динамические характеристики сервопривода, часто выявляется склонность к автоколебаниям даже программатора второго порядка с ограничением ускорения.

Одним из путей устранения автоколебаний программатора второго порядка с ограничением ускорения будет введение квадратичной обратной связи по скорости. Такой программатор, включаемый последовательно с сервоприводом, препятствует возникновению автоколебаний при больших сигналах управления, хотя и затягивает переходные процессы на 10 – 30 процентов.

Чтобы избежать затягивания переходных процессов и добиться не только недопущения, но и подавления автоколебаний сервопривода от любых воздействий, предлагается встраивание квадратичной обратной связи по скорости непосредственно в контур управления сервопривода.

II. ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВОПРИВОДА С АДАПТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Сигнал скорости можно получать как от дополнительного датчика, так и обработкой дифференциатором сигнала датчика выходной координаты. Более эффективно использование для этой цели наблюдателя, позволяющего создать контур управления с модальным регулятором, обеспечивающим в малом любые желаемые переходные характеристики. Более того, небольшое усложнение наблюдателя дополнительным интегратором позволяет реализовать структуру фильтра Калмана-Бьюси и одновременно оценивать суммарное воздействие внешних возмущений, приведённых ко входу объекта управления. В этом случае можно не только компенсировать возмущения, но придать нелинейным переходным процессам в системе управления свойство адаптивности к моментным возмущениям сервопривода.

При реализации системы управления это выглядит следующим образом. Сигнал управления контуром тока подаётся через ограничитель, соответствующий максимальным силовым возможностям сервопривода. В сигнал управления объектом следует добавлять оценку возмущения на вход ограничителя. С выхода ограничителя сигнал идёт не только в контур тока сервопривода, но и на вход наблюдателя. На входе невозмущённой модели объекта в наблюдателе сигнал оценивания возмущений нужно компенсировать. Это позволяет адаптировать настройку релейного управления к моментным возмущениям. При тормозящем возмущении разгонная часть нелинейного переходного процесса удлиняется, а тормозящая укорачивается с сохранением отсутствия перерегулирования при переходе в линейный режим регулирования.

III. МОДЕЛИРОВАНИЕ

По вышеизложенной методике была разработана система управления с наблюдателем и компенсатором возмущений для безредукторного электропривода на базе синхронного мотора. Постоянная времени эквивалента контура тока - 1.3 мс. Ограничение тока мотора - 43 А. Общий коэффициент контура положения с 21-разрядным датчиком - $1.1e5$. Зона линейности контура положения 0.14 град.

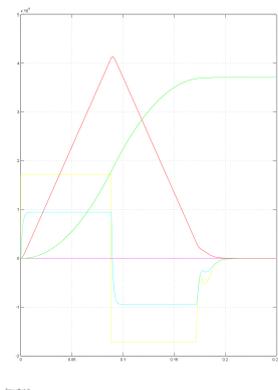


Рис. 1 – Переходные характеристики: изменение угла, скорости, ускорения и управляющего воздействия

На рис.1 приведены графики изменения угла, угловой скорости, углового ускорения и сигнала управления контуром тока переходного процесса разворота на 40 град., превышающего зону линейности в 285 раз. Для удобства восприятия графики дополнительно отмасштабированы. Как видно из рисунка, проблемы устойчивости в большом не возникает, скорость нарастает по линейному закону, а затем так же убывает. Ускорение регулируется практически по релейному закону с дотягиванием в зоне линейности.

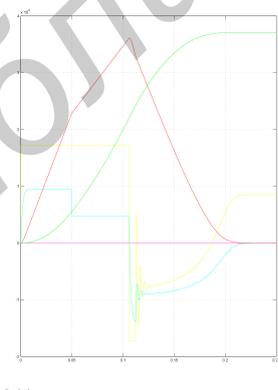


Рис. 2 – Переходные характеристики: изменение угла, скорости, ускорения и управляющего воздействия с моментным возмущением

Результаты моделирования процессов с учётом моментного возмущения на уровне 50 процентов максимального момента двигателя изображены на рис.2. Видны адаптивные свойства системы управления. Сохраняется характер движения без перерегулирования. Разгонная часть процесса увеличивается, тормозящая – уменьшается. Общая длительность переходного процесса чуть-чуть увеличивается. Моделирование показало эффективность квадратичной обратной связи по скорости и для моделей сервоприводов 3-го, 4-го и 5-го порядков с сохранением их суммарной инерционности. Во всех случаях переходные процессы похожи на оптимальные по быстродействию в виде релейного разгона и торможения с последующим дотягиванием в линейном режиме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В программаторе (задатчике интенсивности) в виде контура второго порядка с ограничением ускорения квадратичная обратная связь по скорости препятствует развитию автоколебаний и формирует переходные процессы похожие на оптимальные по быстродействию в нелинейной зоне ограничения.

В сервоприводе с ограничением ускорения квадратичная обратная связь по скорости не допускает развития автоколебаний при любом уровне задающего сигнала и формирует переходные процессы похожие на оптимальные по быстродействию в виде релейного разгона и торможения с последующим дотягиванием процесса в линейном режиме.

Использование наблюдателя для выработки сигнала скорости и оценивания внешнего возмущения позволяет адаптировать настройку релейного управления к моментным возмущениям.

1. Красовский А. Я., Хаджинов М. К. Расчет многоконтурных систем управления электроприводами. Мн., БГУИР, 1996.
2. Шелег Е.Е. Применение модального дифференциального регулятора в СУ сервопривода / Е.Е. Шелег, М.К. Хаджинов // Информационные технологии и системы. – 2016: материалы международной конференции, БГУИР, Минск, 2016. – С. 86-87.
3. Хаджинов М.К. Оценка и компенсация апостериорного матожидания случайных возмущений в системе модального управления на основе эталонных моделей / М.К. Хаджинов, В.А. Шевелева // Информационные технологии и системы. – 2015: материалы международной конференции, БГУИР, Минск, 2015. – С. 82-83.