УДК 62-83

**С. В. Кольцов, канд. техн. наук, доц., О. В. Концевенко,**
**К. В. Овсянников, канд. техн. наук, доц.**

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО–ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ С ПОДЧИНЕННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ И УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Рассматриваются вопросы улучшения динамических свойств быстродействующих электроприводов, построенных по принципу подчиненного регулирования, с упругой связью между электродвигателем и механизмом. Авторами предлагается введение дополнительных корректирующих звеньев с выходов датчиков обратных связей на входы регуляторов внешних контуров.

Системы с последовательной коррекцией, построенные по принципу подчиненного регулирования, отличаются простотой и удобством при расчете и настройке, возможностью простыми средствами ограничивать любой регулируемый параметр. Широкому внедрению систем с последовательной коррекцией в практику электропривода способствовало создание практически безынерционных вентильных преобразователей постоянного и переменного тока.

Такие системы, как правило, многоконтурные. Они состоят из ряда контуров, число которых равно числу регулируемых параметров. Регуляторы включаются каскадно, их количество соответствует количеству регулируемых координат электропривода, таких, например, как токи и напряжения обмоток, угловая скорость электродвигателя, положение вала приводимого механизма и т. п. Главным регулируемым параметром считается выходная величина системы регулирования.

На рис. 1 приведена обобщенная структурная схема многоконтурной системы подчиненного регулирования. Здесь каждый контур имеет отдельный регулятор ($W_{P1}$, $W_{P2}$, …, $W_{P4}$), настраиваемый в соответствии с передаточной функцией объекта регулирования ($W_{O1}$, $W_{O2}$, …, $W_{O4}$) этого контура. Настройки контуров, широко применяемые на практике, известны под названием симметричный или модульный оптимум.

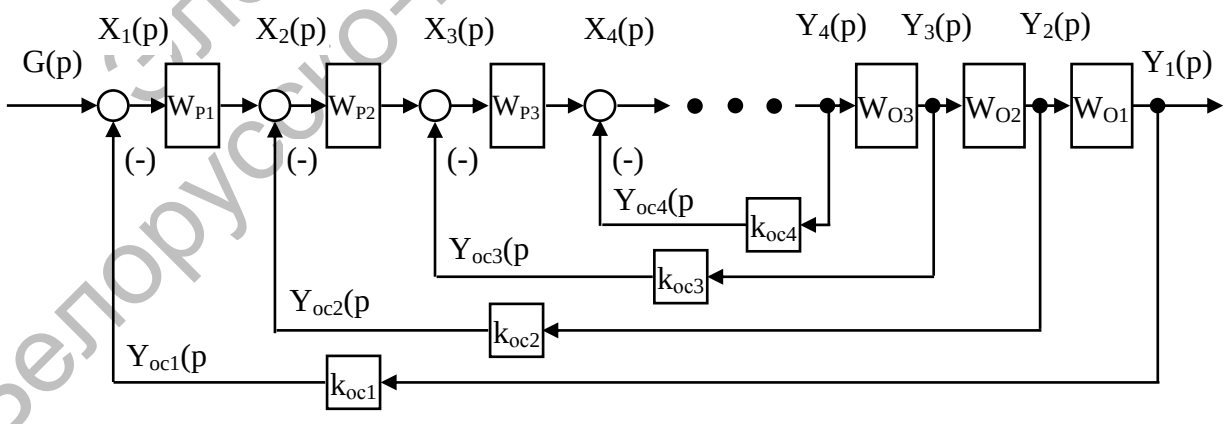


Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы подчиненного регулирования с последовательной коррекцией

Белорусско-Российского университета Электронная библиотека

Настройка многоконтурной системы с подчиненным регулированием производится путем последовательной оптимизации каждого контура, начиная от первого внутреннего и заканчивая последним внешним контуром. Смысл оптимизации контура заключается в том, чтобы его регулируемая величина наиболее быстро и точно следовала за изменением задания, а также мало зависела от возмущающих воздействий. При надлежащем выборе регуляторов принцип подчиненного регулирования координат обеспечивает вполне удовлетворительный характер переходного процесса по управляющему воздействию.

К электроприводам механизмов повторно-кратковременного режима работы предъявляется требование быстрого времени протекания переходных процессов. При этом часто имеет место ограниченная жесткость связи между двигателем и рабочим органом механизма или между составными частями рабочего органа. Увеличение жесткости не всегда может быть выполнено в связи с конструктивными особенностями технологической установки, например в подъемно-транспортных механизмах, лентопротяжных и бумагоделательных машинах.

В быстродействующих электроприводах наличие упругой связи между электродвигателем и механизмом влияет на работу технологической установки. Возникающие колебания в механической части приводят к повышенному износу установки, ухудшению энергетических показателей, а переходные процессы в электроприводе значительно отличаются от оптимальных. В таких электроприводах трудно выбирать тип регулятора и его параметры с таким расчетом, чтобы получить удовлетворительный характер переходного процесса по задающему и возмущающему воздействиям.

Влияние ограниченной жесткости механической передачи на переходный процесс рассмотрим на примере двухконтурной системы подчиненного регулирования скорости электродвигателя 2ПБ112LУХЛ4. Расчетная схема – двухмассовая, настройки контуров стандартные: контур тока настроен на модульный оптимум, контур скорости – на симметричный.

Моделирование переходных процессов в идеализированной линеаризованной системе показывает, что колебания скорости электродвигателя и исполнительного механизма находятся в противофазе (рис. 2) и затухают весьма медленно.

Для того чтобы подавить негативные явления, связанные с присутствием упругости в механической передаче, был разработан ряд методов организации и настройки систем управления. Основные из них [1–3]:

1) коррекция (уменьшение) коэффициента усиления регулятора скорости в системе подчиненного регулирования;

2) дополнительная коррекция системы подчиненного регулирования;

3) система подчиненного регулирования с введением дополнительных обратных связей по разности скоростей двигателя и исполнительного органа;

4) введение обратной связи по производной от скорости исполнительного органа;

5) введение обратной связи по второй производной от скорости исполнительного органа;

6) система управления с модальным регулятором;

7) система управления с наблюдающим устройством;

8) электромеханическая система, замкнутая по вектору состояния;

9) система управления, настроенная с использованием компромиссного оптимума;

10) использование фильтра с ограниченной полосой пропускания (подавление резонансного пика);

11) параллельная коррекция с косвенным измерением скорости исполнительного органа и с использованием

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

гибкой обратной связи, заведенной на вход регулятора тока.

Метод 1 уменьшает быстродействие, методы 2…9, 11 сложны в технической реализации, метод 10 ограничен в применении.

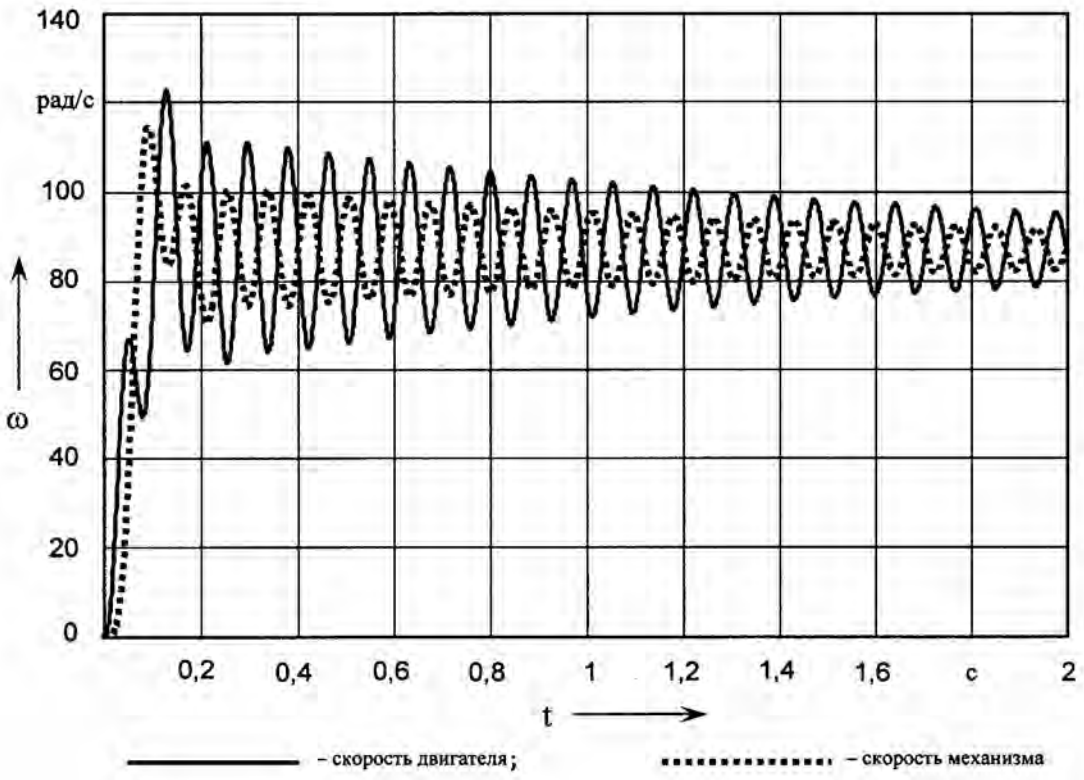


Рис. 2. Переходные процессы скорости в системе с упругим элементом

Если переходные процессы в системе с упругим элементом в механической передаче отличаются от оптимальных, авторами предлагается введение дополнительных корректирующих звеньев. Указанные корректирующие звенья подключаются с выходов датчиков обратных связей на входы регуляторов внешних контуров, как показано на рис. 3.

Количество корректирующих звеньев, как видно из рис. 3, на единицу меньше количества контуров регулирования. Настраиваются контуры регулирования последовательно, начиная с внутреннего. Критерием настройки может быть метод модального управления, либо корневой метод.

Рассмотрим двухконтурную систему регулирования скорости с одним корректирующим устройством $W_{ку}$, включенным с выхода датчика тока на вход регулятора скорости, как показано на рис. 4.

Поскольку методика синтеза таких корректирующих устройств в достаточной степени не разработана, то одним из способов настройки может быть формирование полюсов передаточной функции замкнутой системы или же заданных коэффициентов характеристического полинома.

Передаточную функцию корректирующего устройства, в данном случае, будем искать в виде пропорционально-интегрально-дифференциального звена, а критерием настройки будем считать удаленность вещественных частей корней характеристического полинома замкнутой системы от мнимой оси (степень устойчивости системы).

Электронный архив Белорусско-Российского университета

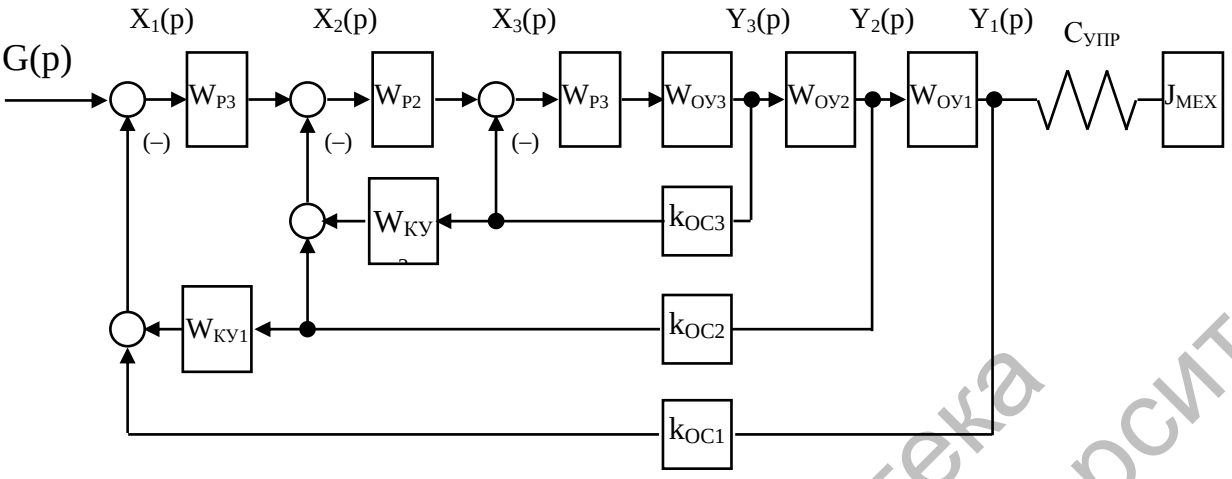


Рис. 3. Обобщенная структурная схема системы подчиненного регулирования с последовательно-параллельной коррекцией

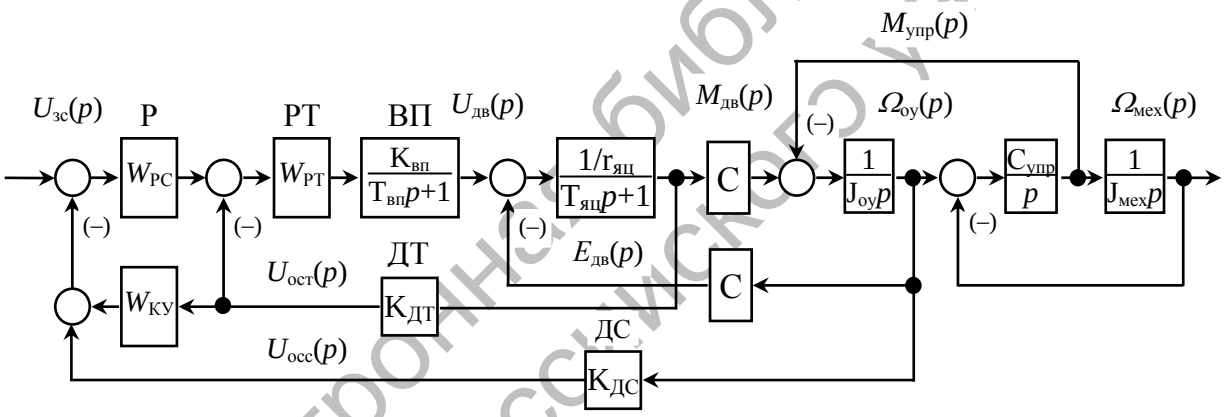


Рис. 4. Структурная схема системы подчиненного регулирования скорости электродвигателя постоянного тока с последовательно–параллельной коррекцией

Настройка корректирующего устройства заключается в том, чтобы, практически не изменяя характера переходного процесса по задающему воздействию, ослабить влияние упругих колебаний на работу системы.

Расчеты при различных параметрах пропорциональной и дифференциальной составляющих показали, что существует такая передаточная функция корректирующего устройства, при которой степень устойчивости системы имеет максимальное значение, как видно из рис. 5.

Проведенное моделирование для найденных параметров передаточной функции корректирующего устройства показало, что колебательность переходной характеристики уменьшилась при практически неизменном времени регулирования по задающему воздействию (рис. 6). Кроме того, степень устойчивости системы регулирования повышается.

Таким образом, назначение предложенного корректирующего устройства – демпфирование колебаний выходной координаты, вызванных наличием упругих связей в механизме.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

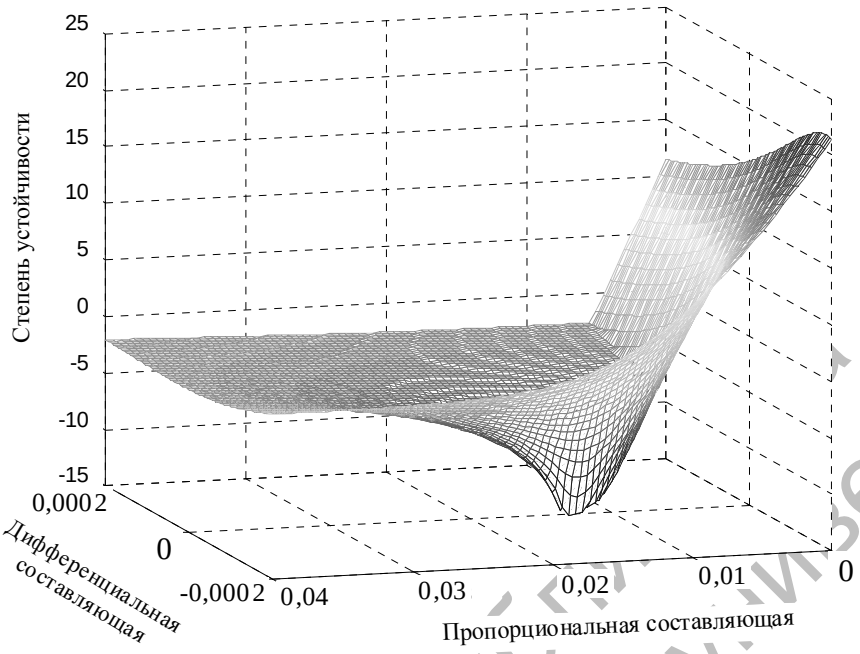


Рис. 5. Зависимость степени устойчивости системы регулирования скорости от параметров передаточной функции корректирующего устройства

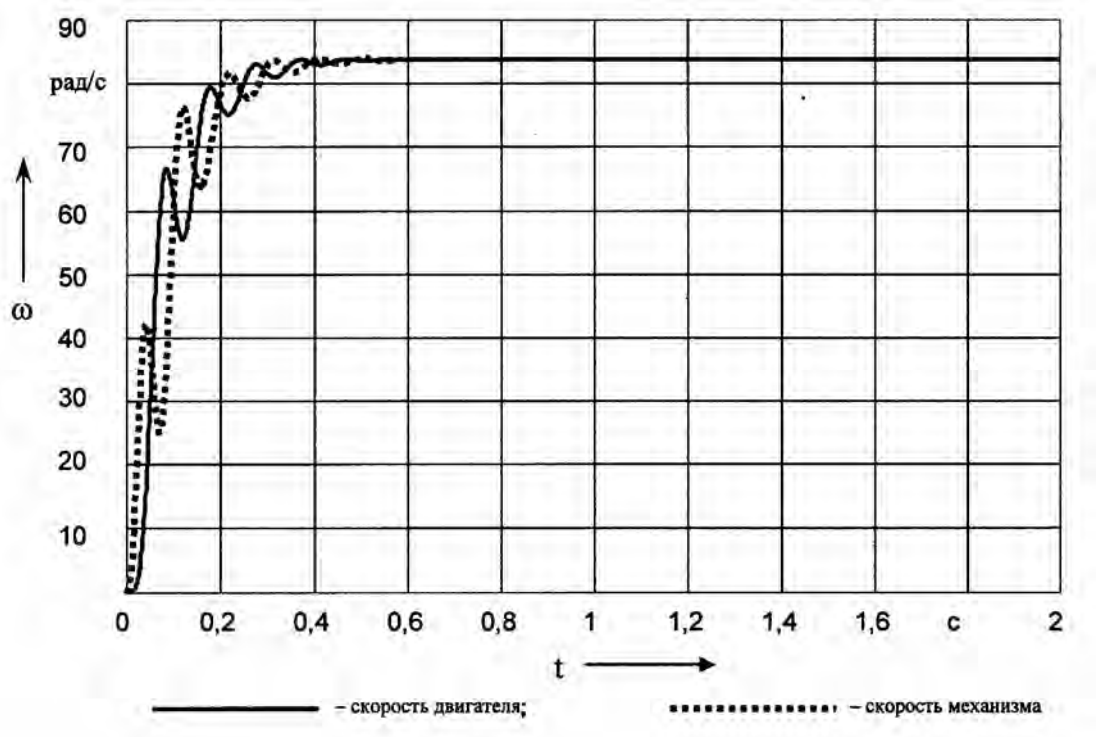


Рис. 6. Переходные процессы скорости в системе с упругим элементом и корректирующим устройством

Недостатками систем с последовательно-параллельной коррекцией являются сложность расчета параметров корректирующих звеньев и трудности при настройке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Борцов, Ю. А.** Тиристорные системы электропривода с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – Л. : Энергия, 1979. – 263 с.

2. **Егоров, В. Н.** Динамика систем электропривода / В. Н. Егоров, В. М. Шестаков. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 216 с.

3. **Башарин, А. В.** Управление электроприводами : учеб. пособие для вузов / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 392 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 23.03.2010

**S. V. Koltsov, O. V. Kontsevenko,**
**K. V. Ovsyannikov**

**Series-parallel correction of electric drive control systems with subordinate parameters regulation and elastic connections**

The paper considers the problems of improving the dynamic behavior of fast electric drives constructed on the basis of subordinate regulation, with the elastic connection between the electric motor and the mechanism. The authors offer the introduction of additional correcting links from the outputs of feedback sensors on the inputs of regulators of external circuits.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета