Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXX1У, 1979 г.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТУРОВ АНАЛИТИЧЕСКОЙ САМОНАСТРОЙКИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ

А.С.СОЛОВЬЕВ, Н.А.АМБАРЦУМЯН

Идеальной будет такая система автоматического управления САУ электроприводами, которая отрабатывает команды без ошибок. Практически получить такую систему невозможно, к ней можно только стремиться. Широко используемые в настоящее время системы с подчиненным регулированием параметров в значительной степени способствуют выполнению поставленной задачи.

Однако реализация настроек регуляторов, обеспечивающих требуемое качество переходных процессов в соответствующих контурах регулирования, осложняется рядом факторов. Во-первых, передаточная функция регулятора определяется параметрами оптимизируемого контура регулирования, а эти параметры сами по себе нельзя определить с требуемой степенью точности (уточнение возможно при наладке) и, самое главное, они непостоянны. Например, величина сопротивления якорной цепи существенно зависит от нагрева электрических машин и может колебаться от 40 до 60% относительно номинала. Это особенно заметно при эксплуатации экскаваторных электроприводов, электрические машины которых во время длительных остановок (в выходные дни, при массовых взрывных работах) могут охладиться до температуры окружающей среды (-40°С на севере). Значение постоянной времени якорной цепи зависит от сопротивления и также не остается постоянным.

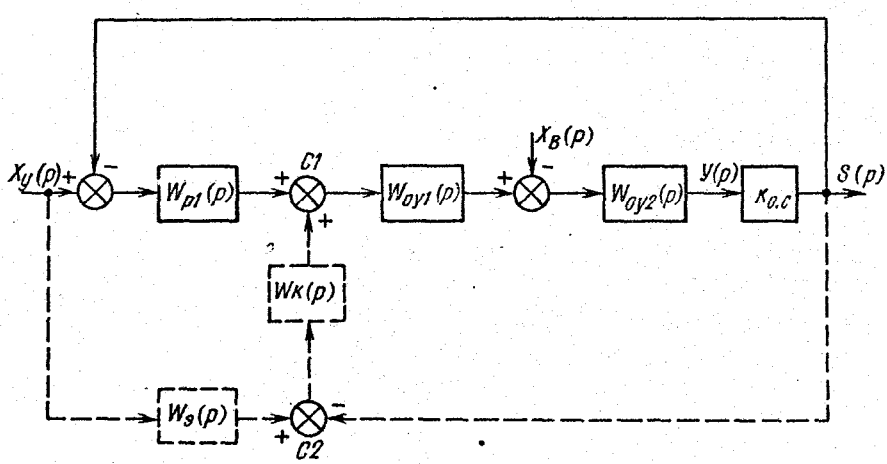
При нагреве двигателя может изменяться ток в его цепи возбуждения и, следовательно, его магнитный поток и коэффициент момента двигателя. Кроме того, непостоянство момента инерции в процессе работы характерно для целого ряда машин: экскаваторов (при изменении: веса грунта в ковше для механизмов подъема и напора; положения рукояти относительно головного блока для механизма подъема; загрузки ковша и его радиуса движения для механизма поворота), подъемных машин (при изменении загрузки подъемного сосуда или для подъемов с переменным радиусом навивки), бумажных машин и прокатных станов непрерывной прокатки (при изменении радиуса рулона) и т.д.

Вторым обстоятельством, затрудняющим настройку, является осуществление оптимизации контуров по управляющему воздействию, в то время как в них имеются и возмущения (влияние э.д.с. двигателя на контур тока и момента сопротивления на контур скорости). Как правило, неточности в отработке

контуром тока заданного сигнала компенсируются соответствующим изменением задания, происходящим при работе внешнего контура скорости. Однако в экскаваторных электроприводах в режимах стопорения регулятор скорости входит в зону насыщения и на вход токового контура поступает предельно допустимое значение тока двигателя. Влияние э.д.с. в этих случаях может привести к существенной динамической ошибке отработки. Для устранения этого недостатка предлагается структура системы управления с настройками, отличными от традиционных [I].

Одной из попыток создания системы, нечувствительной к изменению параметров объекта управления и оптимизированной по управляющему и возмущающему воздействиям, явилось применение в САУ экскаваторных электроприводов схем с дифференциальной коррекцией [2, 3], которые могут рассматриваться как аналитические компенсационные системы с эталонной моделью [3].

Контурами аналитической самонастройки могут быть дополнены и системы, построенные по классическому принципу последовательной коррекции. На приведенной структурной схеме контура регулирования такой системы (сплошная линия) приняты следующие обозначения: $W_{0y1}(p)$, $W_{0y2}(p)$; $W_{p1}(p)$, $W_к(p)$ и $W_э(p)$ - передаточные функции соответственно элементов объекта управления, первого регулятора и корректирующего регулятора (корректора) и эталонной модели; k_{oc} - коэффициент передачи (обратной связи) по выходной величине $y(p)$; $S(p)$ - сигнал, вырабатываемый датчиком обратной связи, пропорциональный основной выходной величине $y(p)$; $X_y(p)$, $X_в(p)$ - управляющее и возмущающее воздействия; С1 , С2 - элементы суммирования.



Структурная схема электропривода с контуром аналитической самонастройки

Передаточная функция такой системы по управлению

$$W_y(p) = \frac{W_{p1}(p)\,W_{0y1}(p)\,W_{0y2}(p)}{1 + W_{p1}(p)\,W_{0y1}(p)\,W_{0y2}(p)\,k_{oc}}, \qquad (I)$$

а по возмущению

$$W_{в}(p)=\frac{W_{0y2}(p)}{1+W_{p1}(p)W_{0y1}(p)W_{0y2}(p)k_{oc}}. \qquad (2)$$

Передаточные функции (I) и (2) различны, поэтому оптимизировать их одновременно с помощью первого регулятора невозможно. В этом случае регулятор настраивается так, чтобы передаточная функция, описываемая формулой (I), удовлетворяла некоторому желаемому виду

$$W_{y}(p)=W_{жy}(p). \qquad (3)$$

Для оптимизации системы по возмущению и придания ей нечувствительности к изменению параметров ее можно дополнить контуром аналитической самонастройки (см.схему, пунктирная линия), включающим эталонную модель с передаточной функцией $W_{э}(p)$, корректор и обратную связь. При этом

$$W_{э}(p)=W_{жy}(p). \qquad (4)$$

Для приведенной структурной схемы зависимости выходной величины $y(p)$ от управляющего и возмущающего воздействий имеют вид [3]

$$y_{y}(p)=\frac{W_{0y1}(p)W_{0y2}(p)\left[W_{p1}(p)+W_{э}(p)W_{к}(p)\right]}{1+k_{oc}W_{0y1}(p)W_{0y2}(p)\left[W_{p1}(p)+W_{к}(p)\right]}x_{y}(p), \qquad (5)$$

$$y_{в}(p)=\frac{W_{0y2}(p)x_{в}(p)}{1+k_{oc}W_{0y1}(p)W_{0y2}(p)\left[W_{p1}(p)+W_{к}(p)\right]}. \qquad (6)$$

Учитывая выражения (I), (3) и (4), имеем

$$y(p)=W_{э}(p)x_{y}(p)+\frac{W_{0y2}(p)x_{в}(p)}{1+k_{oc}W_{0y1}(p)W_{0y2}(p)\left[W_{p1}(p)+W_{к}(p)\right]}. \qquad (7)$$

Согласно (I), (3) и (4), передаточная функция корректора в формировании свойств системы по управлению не участвует. По возмущению же, согласно формуле (7), регуляторы PI и корректор включены параллельно. Кроме того, если $W_{к}(p)$ достаточно велика, то влияние возмущения $x_{в}(p)$ на выходную величину будет существенно ослаблено, а уравнение (7) примет вид

$$y(p)\approx W_{э}(p)x_{y}(p)+\frac{1}{k_{oc}W_{0y1}(p)W_{к}(p)}x_{в}(p). \qquad (8)$$

Все это разрешает раздельную настройку системы по управлению и возмущению, причем настройка корректора определяется принятым критерием оптимизации по возмущению.

Приведенная схема имеет дополнительную линейную обратную связь (условную). Компенсационные системы с эталонными моделями и условной обратной связью, как указано ранее [3], обладают бо́льшими возможностями приспособления к неконтролируемым изменениям, чем обычные системы с обратными связями. Очень важно, что эти системы могут быть организованы на основе обычных систем с последовательной коррекцией путем дополнения их

контуром самонастройки. Это позволяет при необходимости получить процессы, удовлетворяющие расчетным критериям оптимальности.

Применение рассмотренных систем с дополнительной коррекцией по возмущению рационально в электроприводах с частыми стопорениями (одноковшовые экскаваторы), а также в электроприводах, у которых возможен значительный уход параметров объекта управления (изменение сопротивления якорной цепи при нагреве, момента инерции электропривода при изменении диаметра рулона в бумажных машинах и станах холодной прокатки металла, положения ковша относительно центра поворота у экскаваторов и подъемного сосуда в шахтных подъемах, собственных частот механических колебаний при изменении длины каната у экскаваторов драглайнов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. М., Энергия, 1971.

2. Распопов Е.В., Рудаков В.В., Соловьев А.С. Системы регулирования с дифференциальными связями для приводов постоянного тока с токоограничением. – В кн.: Новые системы управления регулируемыми электроприводами. Л., изд. ЛДНТП, 1973.

3. Солодовников В.В., Шрамко Л.С. Расчет и проектирование аналитических самонастраивающихся систем с эталонными моделями. М., Машиностроение, 1972.