

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СЛЕДЯЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРИВОДОВ СЦЕПЛЕНИЙ

Канд. техн. наук ЗАХАРИК Ю. М.,
докт. техн. наук, проф. РУКТЕШЕЛЬ О. С.

Завод автомобильных прицепов и кузовов,
Белорусский национальный технический университет

Бурное развитие микроэлектроники привело к широкому распространению аналоговых и цифровых систем автоматического управления в автомобилестроении на основе микропроцессорной элементной базы и средств вычислительной техники. Применение микроэлектроники в системах автоматического управления вызвано не только улучшением показателей эффективности работы узлов и агрегатов автомобиля, но и возможностью реализации новых функций управления.

При разработке следящих аналоговых и цифровых приводов сцеплений приходится решать задачи построения новых структур управления, точности и быстродействия, устойчивости. В данном процессе наряду с учетом особенностей динамики силовой (гидравлической, пневматической и электрической) части привода важно определить требования к управляющей части привода. Высокая статическая и динамическая точность, стабильность характеристик, надежность работы, небольшие габаритные размеры привели к необходимости использования электромеханических преобразователей в управляющей части приводов. Им также присущи высокие КПД и быстродействие. Правильный выбор характеристик электромеханических преобразователей, согласование их с характеристиками нагрузки в итоге определяют функциональную работоспособность привода, реализацию возложенных на него функций.

Известна широкая гамма электромеханических преобразователей. Они отличаются принципом действия и конструктивным исполнением. Условно преобразователи можно разделить

на две группы [1]: к первой относятся преобразователи с якорем, перемещающимся поперек линий индукции магнитного поля в рабочем воздушном зазоре, ко второй – преобразователи с якорем, перемещающимся вдоль линий индукции магнитного поля в рабочем воздушном зазоре. В [1] приведены соответственно их статические характеристики: зависимости электромагнитного усилия P_n , развиваемого якорем, от его перемещения h при различном токе управления I_y (рис. 1а, б).

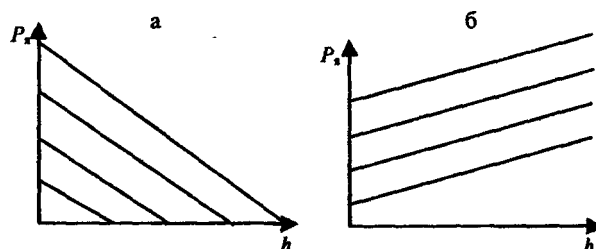


Рис. 1. Статические характеристики преобразователей

В следящих приводах сцепления преобразователь необходимо использовать совместно с гидро- или пневмоусилителями. Соответственно якорь преобразователя будет нагружен усилиями, действующими со стороны элементов данных устройств: золотника, поршня, диафрагмы или пружины. В общем случае статическая нагрузочная характеристика представляет собой зависимость приведенного к якорю усилия P_n , обусловленная воздействием элементов усилителя, от перемещения якоря h .

На рис. 2 совмещены статические характеристики преобразователя и нагрузочная характеристика усилителя. Дифференциальное уравнение поступательного движения якоря электромеханического преобразователя, составлен-

ное по принципу Д'Аламбера, отражает равновесие якоря под действием приложенных сил, и в общем случае имеет вид

$$m\ddot{h} = P_a - \sum P_c, \quad (1)$$

где P_a – электромагнитная сила (рис. 3); $\sum P_c$ – сумма сил сопротивления; m – масса якоря.

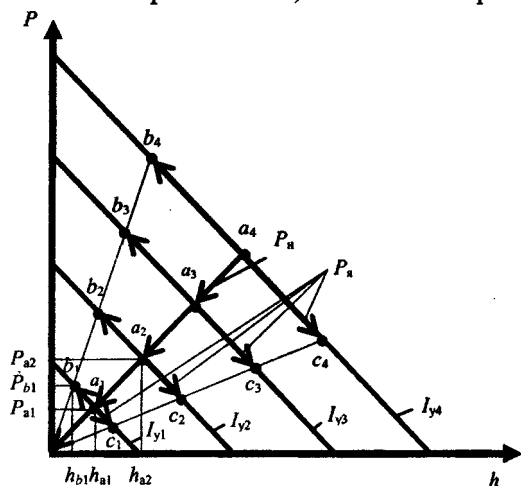


Рис. 2. Характеристики преобразователя и нагрузки

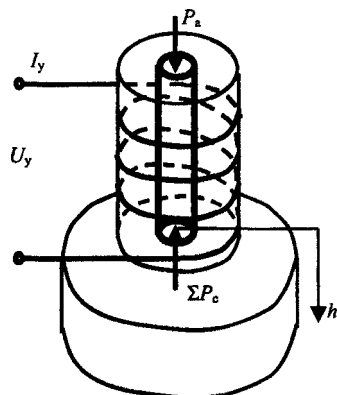


Рис. 3. Электроклапан

При построении следящего привода сцепления необходимо реализовать обратные связи по положению и (или) усилию управляющего воздействия. Для улучшения динамики работы приводов следует дополнительно использовать в качестве обратной связи производные от названных выше величин. Введение промежуточных локальных обратных связей наряду с глобальной также повышает оценочные показатели работы привода сцепления. Параметры управления привода также должны быть адаптивными по отношению к изменяющимся в процессе эксплуатации характеристикам элементов привода и сцепления.

Многообразие функций управления приводит к необходимости корректировки в процессе работы привода сцепления в зависимости от его структурного исполнения, тока управления I_y и (или) положения якоря h электромеханического преобразователя.

Рассмотрим работу преобразователя при корректировке положения якоря h . Пусть педаль управления сцеплением остановлена в каком-то промежуточном положении. В случае автоматического управления сцеплением сформированное управляющее воздействие будет зафиксировано на заданном уровне. Предположим, что ток управления I_y не изменяется и соответствует значению $I_y = I_{y1} = \text{const}$. Тогда электромагнитное усилие, развиваемое якорем, и величина его перемещения определяются точкой пересечения статических характеристик преобразователя при токе управления I_{y1} и нагрузочной характеристики – точкой a_1 с координатами P_{a1} (h_{a1}). При постепенном увеличении усилия на якорь со стороны привода величина $\sum P_c$ увеличивается, так как усилие со стороны привода является составляющей суммы сил сопротивления. При превышении данной силой силы трения и электромагнитной силы величина $m\ddot{h}$ становится отрицательной и равновесие якоря нарушается. Скорость перемещения якоря будет определяться величиной разности электромагнитной силы и силы трения, с одной стороны, и сил сопротивления – с другой. В соответствии со статической характеристикой преобразователя с увеличением усилия на якорь произойдет уменьшение величины h . Якорь будет перемещаться до тех пор, пока не выполнится условие $P_a - \sum P_c = 0$, и его новое положение определится точкой b_1 с координатами P_{b1} (h_{b1}), причем $P_{b1} > P_{a1}$, а $h_{b1} < h_{a1}$. Таким образом, при возникновении возмущения со стороны привода возникает дополнительное усилие со стороны преобразователя, стремящееся это возмущение исключить.

В случае, если усилие на якорь со стороны привода будет обратно уменьшаться до исходной величины, правая часть (1) станет положительной и начнется возвращение якоря к исходной точке a статической характеристики, где произойдет его остановка и он будет находиться в равновесии под действием приложенных сил ($m\ddot{h} = 0$).

Процессы, происходящие в преобразователе при уменьшении нагрузки на якорь, будут аналогичны указанным выше процессам и определяться зависимостью (1) и статическими харак-

теристиками, приведенными на рис. 2. При возвращении нагрузки на якорь со стороны привода к первоначальной, якорь возвратится из точки c_1 в точку a_1 .

Очевидно, процессы справедливы также и для других значений тока управления, например I_{y2}, I_{y3}, I_{y4} .

Рассмотрим поведение преобразователя при корректировке в процессе работы привода сцепления тока управления I_y . Пусть исходное положение якоря, находящегося в равновесии, определяется точкой a_2 с координатами $P_{a2}(h_{a2})$. Предположим, в результате работы контура обратной связи произошло уменьшение тока управления до величины I_{y1} , что соответственно привело к уменьшению электромагнитной силы P_a . В момент, когда разность $P_a - \Sigma P_c$ становится меньше нуля, а ускорение якоря — отрицательным, величина h начинает уменьшаться до точки a_1 статической характеристики, где наблюдается равновесное положение якоря ($m\ddot{h} = 0$). Таким образом, при появлении ошибки регулирования в приводе якорь перемещается в новое равновесное состояние. В последующем за счет изменения положения чувствительного элемента гидро- или пневмоусилителя произойдет изменение его состояния и соответственно исполнительного цилиндра, что в итоге приведет к устранению ошибки регулирования.

При согласовании характеристик преобразователя и привода (усилителя) необходимо обеспечить их устойчивую совместную работу. Условие устойчивой работы имеет вид

$$U > 0, \quad (2)$$

где $U = \Delta P / \Delta h$.

Величина ΔP представляет собой разность значений P_n и P_a при заданном отклонении якоря $\Delta h = |h_a - h_i|$, $i = 1, 2$. Нетрудно заметить, что при возникновении возмущения со стороны привода (усилителя) в устойчивой системе всегда возникает величина ΔP , стремящаяся это возмущение устранить и вернуть систему в исходное положение. Причем чем выше данная величина при одном и том же значении Δh , тем с большей интенсивностью система будет возвращаться в исходное положение, и тем самым она будет более устойчивой. Соответственно если $U \leq 0$, то в этом случае самовыравнивания наблюдаться не будет.

На рис. 1, 2, 4 показаны линейные характеристики управляющего и силового элементов. Однако приведенные выше рассуждения в равной мере справедливы и для нелинейных характеристик, а также для электромеханических преобразователей с поворотным движением якоря.

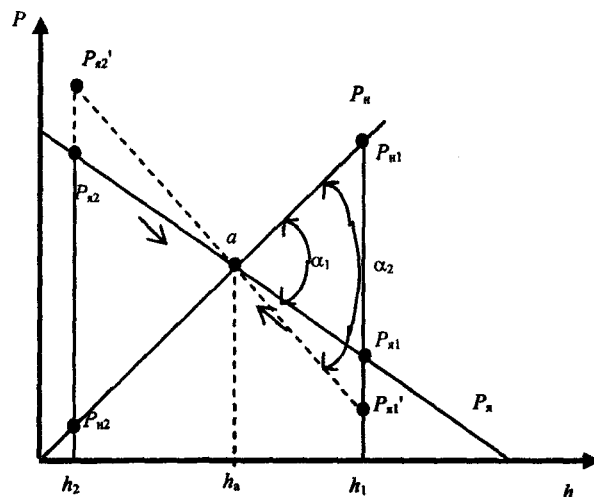


Рис. 4. Диаграмма устойчивой работы системы управления сцеплением

ВЫВОД

Анализируя статические характеристики преобразователей (рис. 1) в отношении устойчивости, совместной с приводом сцепления работы, можно сделать вывод о возможности применения для управления сцеплением преобразователей с характеристиками, приведенными на рис. 1а. Это обусловлено взаимным расположением характеристик преобразователя и привода, при котором выполняется условие 2. Причем при одном и том же характере изменения нагрузки преобразователь будет обеспечивать более устойчивую работу с углом наклона статической характеристики α_2 большим, чем α_1 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Электромеханические преобразователи гидравлических и газовых приводов / Е. М. Решетников, Ю. А. Саблин, В. Е. Григорьев и др. — М.: Машиностроение, 1982. — 144 с.