

О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА НА ДИНАМИКУ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ

Ю.М. Захарик, к.т.н.

На работоспособность систем автоматического управления агрегатами и узлами автомобиля решающее влияние оказывает инерционность их элементов: электронного устройства управления и исполнительного механизма.

В общем виде управляющее воздействие формируется электронным блоком на основе сигналов датчиков информационной системы, преобразованных с помощью аналого-цифрового преобразователя и преобразователя частотных сигналов. Усиленное управляющее воздействие в зависимости от характера изменения входного сигнала подается на обмотку электромагнитного клапана впуска или выпуска в виде прямоугольного импульса. Регулирование давления в рабочей полости исполнительного цилиндра осуществляется посредством повторения циклов включения-выключения электромагнитных клапанов впуска и впуска в соответствии с поступающими на их обмотку управляющими воздействиями. При поэтапном преобразовании управляющего воздействия в каждом блоке функциональной схемы происходит запаздывание выходного сигнала по отношению к входному. Величины запаздываний определяют инерционность электронного устройства управления.

Инерционность электронного устройства управления обусловлена не только запаздыванием формирования управляющего воздействия в блоках функциональной схемы, но и запаздыванием, вызванным работой микропроцессора. Так, в пошаговом режиме для вычисления управляющего воздействия с помощью микропроцессора должен быть выполнен ряд операций программы управления. Следовательно, при функционировании управляющего элемента возникает промежуток времени от считывания информации с датчиков до выдачи управляющего воздействия. Данный промежуток времени определяет запаздывание электронного устройства управления при работе микропроцессора.

Механизм возникновения запаздывания в исполнительном устройстве при работе электромагнитных клапанов, представляющий практический интерес для исследователя и конструктора, следующий.

При подаче команды включения на электромагнитный клапан в виде электрического импульса напряжения, сила тока в обмотке электромагнита постепенно нарастает до тех пор, пока не произойдет отрыв штока от седла электромагнитного клапана. Далее с некоторым запаздыванием начинается движение штока электромагнитного клапана при одновременном падении силы тока в обмотке до момента перемещения штока в конечное положение. Затем сила тока в обмотке электромагнитного клапана вновь возрастает до определенного постоянного значения.

При подаче команды выключения на электромагнитный клапан в момент времени, когда он становится обесточенным в связи с возникновением противо ЭДС, ток в обмотке электромагнита не исчезает мгновенно. Движение штока электромагнитного клапана начинается с запаздыванием лишь после достижения силой тока значения, при котором усилия электромагнита будет недостаточно для удержания штока в конечном положении.

Анализ 90 осциллограмм переходных процессов, полученных при высокой скорости записи, показывает четкое наличие величины запаздывания Δt_1 при включении электромагнитных клапанов и величины запаздывания Δt_2 при выключении. Причем, максимальные отклонения этих величин составляют $\sigma_{\Delta t_1} = 14,8 \%$ и $\sigma_{\Delta t_2} = 18,2 \%$. При использовании в электропневмоприводе клапана типа АТЭ-3, рассматриваемые запаздывания на включение и выключение соответственно равны $\Delta t_1 = 0,005$ с и $\Delta t_2 = 0,046$ с и в основном зависят от параметров и конструкции клапанов (типа электромагнита, активного и индуктивного сопротивлений обмотки, жесткости возвратной пружины), применения форсирующих режимов работы.

Анализ осциллограмм изменения силы тока, напряжения обмотки электромагнитного клапана, перемещения его штока, давления во время переходного процесса, вызванного подачей электрического импульса на электромагнитную часть клапана, показывает, что для целей исследования

и проектирования систем управления агрегатами и узлами автомобилей можно принять скачкообразное перемещение штока на максимальный рабочий ход h_{max} через временной интервал Δt_1 после подачи управляющего воздействия и скачкообразное перемещение штока в начальное положение через интервал Δt_2 после снятия управляющего воздействия.

Такой подход позволяет комплексно учесть запаздывание электронного устройства управления и исполнительного механизма сцепления. Допускается при расчетах принимать мгновенное изменение напряжения электронными ключами в момент времени t_0 при подаче на обмотку электромагнитного клапана прямоугольного импульса, который может быть описан математическим выражением

$$U = \begin{cases} 0 & ; \text{ при } 0 < t < t_0 \text{ и } t > t_0 + T_{и} \\ U_{п} & ; \text{ при } t_0 \leq t \leq t_0 + T_{и} \end{cases}$$

где $T_{и}$ – длительность импульса; $U_{п}$ – бортовое напряжение автомобиля.

Закон открытия впускного и выпускного клапанов с учетом указанных допущений в этом случае примет вид:

$$h(t) = \begin{cases} 0 & ; \text{ при } t_0 < t < \Delta t_1 + t_0 \\ h_{max} & ; \text{ при } t \geq \Delta t_1 + t_0 \end{cases}$$

$$h(t) = \begin{cases} h_{max} & ; \text{ при } \Delta t_1 + t_0 \leq t \leq T_{и} + \Delta t_2 + t_0 \\ 0 & ; \text{ при } t > T_{и} + \Delta t_2 + t_0 \end{cases}$$

Уравнения соответствуют процессам включения (открытое состояние) и выключения (закрытое состояние) клапанов соответственно.

Типовые осциллограммы переходного процесса реакции электропневмопривода в фазе наполнения и опорожнения на входное воздействие U представлены, соответственно, на рис. 1 и 2. Совокупность таких входных воздействий, отличающихся лишь длительностью импульса, представляет собой управляющее воздействие электронного блока. Теоретическое изучение особенностей реакции электропневматического привода представляет интерес с точки зрения получения полной информации о работе привода, определения путей повышения качества управления исполнительным механизмом. Недооценка влияния инерционности электромагнитных клапанов может привести к ухудшению переходных процессов в агрегатах автомобиля, а также при определенных условиях к потере функциональной работоспособности систем управления.

В исходном состоянии исполнительного меха-

низма давление P в рабочей полости силового цилиндра равно давлению окружающей среды либо промежуточному значению (рис. 1). Началом фазы наполнения считается момент времени t_0 , когда происходит отрыв штока от седла клапана впуска. Заканчивается фаза наполнения в момент времени t_1 , когда шток клапана устанавливается в исходное положение. Запаздывание начала перемещения штока по отношению к моменту подачи единичного импульса составляет $\Delta t_1 = 0,005$ с, запаздывание срабатывания клапана после снятия ступенчатого воздействия - $\Delta t_2 = 0,015$ с.

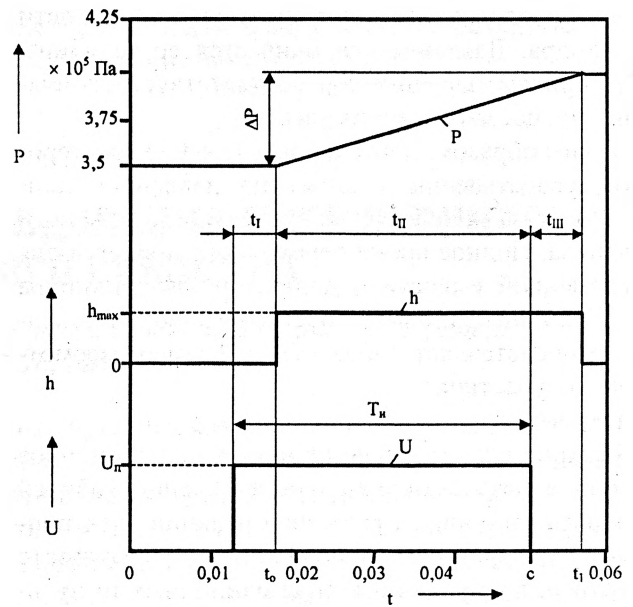


Рис. 1. Реакция электропневмопривода на единичное возмущение в процессе выключения сцепления

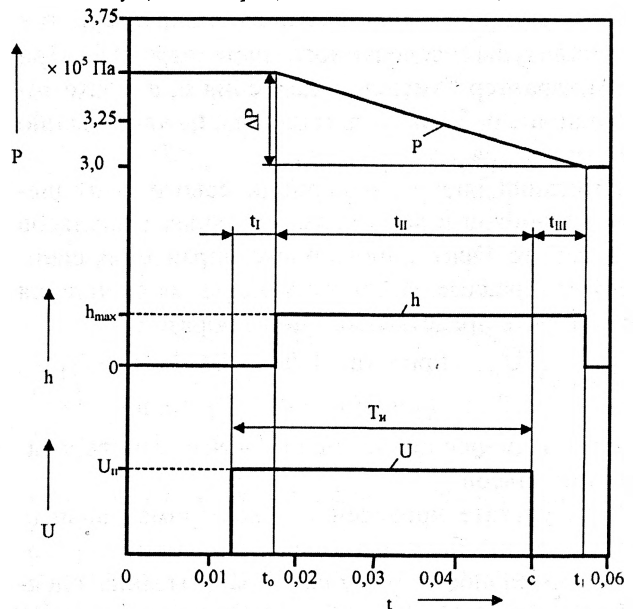


Рис. 2. Реакция электропневмопривода на единичное возмущение в процессе включения сцепления

Переходной процесс в электропневмоприводе сцепления для данного режима состоит из трех участков, характеризующихся временными интервалами:

t_I – подача электрического сигнала на обмотку электромагнитного клапана. Здесь не наблюдается изменения давления P из-за инерционности электромагнитного клапана;

t_{II} – начало отрыва штока от седла клапана из исходного положения. На этом участке осуществляется наполнение рабочей полости исполнительного цилиндра;

t_{III} – продолжение наполнения рабочей полости цилиндра. Давление увеличивается до величины P_{III} , причем давление P_{III} соответствует окончанию процесса регулирования.

Таким образом, длительность $t_{II} + t_{III}$ характеризует срабатывание клапана по давлению, длительность t_I определяет зону нечувствительности клапана. Полное время переходного процесса для переменной емкости исполнительного цилиндра за единичный цикл включения-выключения клапана представляет собой сумму времен рассмотренных участков:

$$t = t_I + t_{II} + t_{III}$$

Реакция электропневмопривода на единичное входное воздействие при опорожнении рабочей полости цилиндра аналогична реакции электропневмопривода при наполнении. В результате входных возмущений в виде единичных импульсов различной длительности $T_{и} = 0,010 - 0,080$ с в рабочем диапазоне давлений $P = 0,1 - 0,6$ МПа происходит изменение временных характеристик и амплитуды исследуемого параметра ΔP . При этом характер изменения давления P , а также соотношение рабочих участков t_I , t_{II} , t_{III} качественно не изменяется.

Имитация внешнего периодического возмущения на привод в виде прямоугольных импульсов при работе электронного блока управления сцеплением в режиме плавного включения сцепления может быть представлена таким образом:

$$U(t) = \begin{cases} U_{II}; & \text{при } (n-1)/f < t \leq (n-1)/f + T_{и} \\ 0; & \text{при } (n-1)/f + T_{и} < t \leq n/f \end{cases}$$

где n – заданное целое число; f – частота следования импульсов.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено наличие пороговой длительности импульса срабатывания электромагнитного клапана t_{n1} при его включении и t_{n2} при выключении в диапазоне рабочих частот f . В случае, если длительность импульсов $T_{и}$, воз-

никающих при работе привода в режиме управления меньше либо равна пороговой длительности импульса t_{n1} , давление в рабочей полости цилиндра сцепления не изменяется (рис. 3, а). Это объясняется тем, что за данный интервал времени

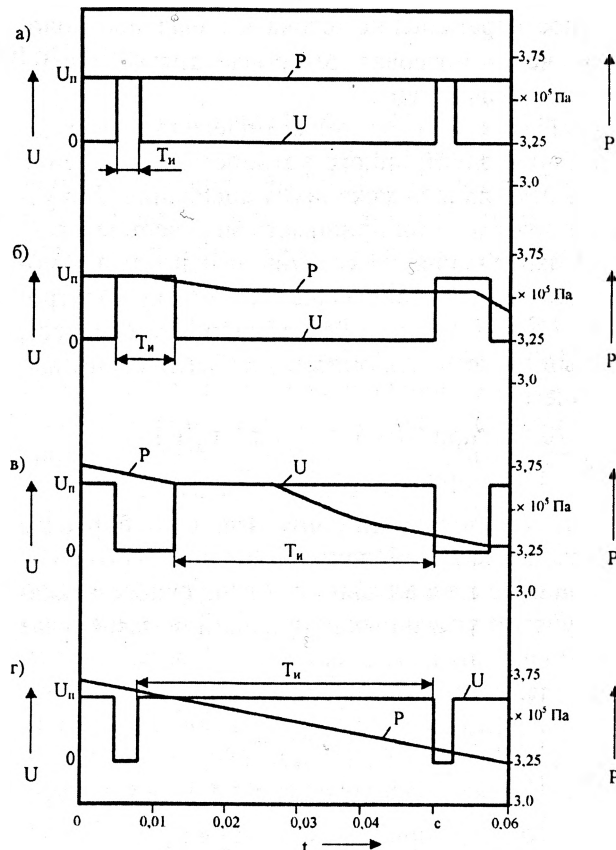


Рис. 3. Диаграмма работы электропневмопривода сцепления при периодическом электрическом воздействии на электромагнитный клапан выпуска

t_{n1} после подачи команды на электропневмоклапан в виде электрического импульса напряжения из-за инерционного роста силы тока в обмотке клапана величина активной электромагнитной силы к моменту окончания импульса не превышает сил сопротивления, действующих на шток, так как сила тока в обмотке электромагнитного клапана не превышает значения, при котором шток начинает отрываться от седла. Следовательно, клапан остается в закрытом положении и начинается отрыв штока от седла клапана только при выполнении условия $T_{и} > t_{n1}$ (рис. 3, б). Очевидно, данное условие должно быть справедливо не только для длительности импульсов $T_{и}$, но и для длительности пауз $T_{п} = 1/f - T_{и}$. В случае если $T_{п} \leq t_{n2}$, длительность паузы настолько мала, что за данный промежуток времени сила тока в обмотке клапана не успевает снизиться до значения, при котором активная электромагнитная си-

ла не превышает силы сопротивления и усилия электромагнита еще достаточно для удержания клапана в открытом положении. Шток клапана остается неподвижным в конечном положении (клапан открыт), продолжается изменение давления в рабочей полости цилиндра (рис. 3, г). При выполнении условия $T_n > t_{n2}$, шток клапана устанавливается на седло и электромагнитный клапан выключается (рис. 3, в).

Процессы, происходящие при периодическом входном воздействии для фазы наполнения аналогичны рассмотренным.

Рассмотренное условие необходимо учитывать при разработке алгоритма управления, когда длительность управляющего воздействия T_n в некоторые моменты времени может быть недопустима мала для срабатывания клапанов.

Кроме того, в процессе работы электропневматического привода сцепления происходит изменение рабочей частоты f срабатывания электромагнитных клапанов впуска и выпуска в зависимости от характера изменения входного воздействия. Следовательно, необходимо учитывать возможность реализации рабочей частоты f электромагнитными клапанами. С учетом динамических процессов в электромагнитной части клапана, условие устойчивой работы клапанов выглядит таким образом:

$$f < f_{\max} = 1/(\Delta t_1 + \Delta t_2),$$

где f_{\max} – максимальная частота, реализованная электромагнитными клапанами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Захарик А.М., к.т.н., Гологуш А.А., Захарик Ал.М., к.т.н., Захарик Ю.М., к.т.н., Мерников Г.Д., МАЗ

Наиболее эффективным подтверждением правильности построения динамической модели является эксперимент.

Целью проведения данного эксперимента является подтверждение правильности построения компьютерной модели трансмиссии автобуса МАЗ-110 путем сравнения АЧХ, полученных теоретически и экспериментально, определения резонансных зон и соответствующих им коэффициентов динамичности.

Указанные задачи решались при дорожных испытаниях, несмотря на то, что последние не позволяют в полной мере исследовать все процессы, происходящие при передаче крутящего момента в исследуемом объекте.

На рис. 1 показана схема ведущего моста и место установки токосъемного узла:

- 1 — центральный редуктор;
- 2 и 4 — сателлиты бортового редуктора;
- 3 — ведущая шестерня бортового редуктора;
- 5 — ведомая шестерня;
- 6 — ведущее колесо автобуса;
- 3' — 6' — элементы, относящиеся к правому бортовому редуктору.
- 7 — малая полуось
- 8 — большая полуось
- 9 — блок токосъемников

Схема информационно-измерительной систе-

мы, применяемая при испытаниях, показана на рис. 2, где обозначены: Д – датчики, ДУ – дифференциальный усилитель, два из 4-х каскадов которого предназначены для увеличения входного сопротивления устройства, 3-й является инвертирующим, а 4-й – суммирующим усилительным каскадом. Они служат для подавления фазной помехи.

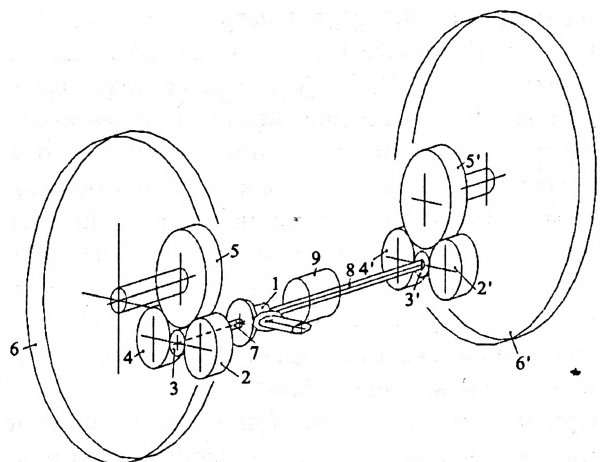


Рис. 1. Схема ведущего моста городского автобуса

Нормирующий усилитель согласовывает входные источники сигналов по напряжению и сопротивлению.

Канал УН является однокаскадным усилителем,