

бором схемы компоновки автобуса, этапов, учитывая определяющую роль элементов данного узла на положение уровня пола.

Ряд вариантов конструктивных решений ведущих мостов, позволяющих обеспечить снижение уровня пола, обладая в определенных вопросах явными преимуществами, в то же время не могут в полной мере отвечать главному требованию к трансмиссиям такого типа, учитывая то незначительное пространство, которое они позволяют высвободить для компоновки салона автобуса.

Выделяя основные требования при проектировании ведущего моста городского автобуса, сле-

дует отметить его значительную ограниченность с одной стороны компоновочными параметрами салона автобуса (по максимальным габаритам) и прочностными свойствами — с другой стороны (по минимальным габаритам).

В связи с этим возникает необходимость постановки к решению оптимизационной задачи по нахождению параметров ведущего моста, отвечающего всем требованиям, предъявляемым к трансмиссии автобуса городского типа, а также создания имитационной модели трансмиссии как средства решения указанных задач.

УДК 629.113 – 585

АВТОКОЛЕБАНИЯ В ЦИФРОВЫХ ПРИВОДАХ СЦЕПЛЕНИЙ

Ю.М. Захарик, к.т.н., Ан.М. Захарик, к.т.н., Ал.М. Захарик, к.т.н.

Алгоритм работы электронного блока управления рабочими процессами в приводах с электропневмоклапанами впуска и выпуска может базироваться на основе функционирования релейного элемента с пороговыми значениями, равными нулю, $\chi_0 = 0$. В начальный момент времени (точка 0, рис. 1.) регулируемая величина P и задающее воздействие P_f совпадают. Подается команда на отключение электромагнитного клапана впуска (клапан выпуска закрыт). Однако, в последующие моменты времени не наблюдается совпадения величин P_f и P из-за запаздывания срабатывания электромагнитного клапана. Давление P возрастает в течение времени $\Delta t = \Delta t_1 = \Delta t_2$. Так как на участке 0-1 переходного процесса давление в исполнительном цилиндре P превышает задаваемое давление P_f , то электронным блоком формируется сигнал на включение электромагнитного клапана выпуска, чтобы обеспечить снижение регулируемой величины P . В момент времени t_1 клапан выпуска открывается и происходит снижение давления P на участке 1-2. В точке 2 обесточивается электромагнитный клапан выпуска ($U_n = 0$). Однако, ожидаемой выдержки давления P не происходит из-за запаздывания срабатывания этого клапана. В результате регулируемая величина P на участке 2-3 продолжает снижаться по отношению к задающему воздействию P_f . В точке 3 формируется команда на включение впускного клапана и процесс регулирования повторяется.

Сравнивая переходные процессы при использовании релейных элементов с положительным

гистерезисом и без зоны нечувствительности в системе управления, можно сделать вывод об уменьшении максимального отклонения ΔP_m регулируемой величины на 12,8 % при работе системы без гистерезиса. Это объясняется тем, что в первом случае отключение клапана впуска и включение клапана выпуска осуществляется позже: через промежуток времени, когда управляющий сигнал сменил знак. И в том, и в другом случае управление осуществляется по средней величине давления в полости исполнительного цилиндра.

Логично предположить, что дальнейшее снижение максимального отклонения ΔP_m в системе управления такого типа можно достичь за счет увеличения быстродействия электромагнитных клапанов. Так, указанная величина ΔP_m , по сравнению с ранее рассмотренной для переходного процесса, изображенного на рис. 1, может быть уменьшена на 10 ... 30 %.

Анализ процессов, протекающих в приводе, показывает, что уменьшение амплитуды колебаний регулируемой величины сопряжено с увеличением частоты срабатывания клапанов. Различие состоит в том, что данный результат достигается в первом случае за счет повышения быстродействия электромагнитных клапанов, в другом — за счет настройки параметров электронного блока управления. Необходимо отметить, что сопутствующее увеличение частоты колебательного процесса увеличивает цикловую нагруженность клапанов.

Рассматриваемые процессы в системе управления не устраняют особый вид установившегося процесса – автоколебания. Как видно из рис. 1, при отсутствии внешних колебательных воздействий на начальном участке переходного процесса ($\dot{P}_f = 0$) возникают устойчивые колебания с постоянной амплитудой. Такой режим может возникнуть при парковке автомобиля, когда задающее воздействие P_f в течение определенного времени остается постоянным на каком-либо заданном водителем уровне. Это приводит к непроизводительному расходу энергоносителя, ускоренному износу поршневых уплотнений исполнительного цилиндра и клапанов, вызванному возвратно-поступательным характером перемещения подвижных элементов. Перечисленные выше методы лишь снижают интенсивность колебательного процесса, не устраняя его полностью.

Для исключения автоколебательного процесса в исполнительном механизме в систему управления необходимо дополнительно вводить зону нечувствительности. Если при положительном гистерезисе отключение электромагнитного клапана выпуска осуществлялось на участке 2-3 переходного процесса, без зоны нечувствительности в точке 2, то, очевидно, для достижения совпадения требуемого и действительного давления необходимо клапан обесточить несколько раньше – на участке 1-2 с учетом времени запаздывания клапана Δt_2 . Дальнейшее снижение величины отклонения давления ΔP_m можно осуществить за счет введения в систему управления релейного элемента с отрицательным гистерезисом. Однако, в этом случае допускаются переключения клапанов внутри гистерезиса, что приводит к снижению устойчивости системы.

Последующее улучшение качества регулирования процессов в электропневмоприводе сопряжено с необходимостью коррекции зоны нечувствительности.

На основании комплекса проведенных испытаний установлено, что при снижении текущего давления в рабочей полости цилиндра P при одной и той же длительности импульса $T_n = 0,012$ с для клапана с запаздыванием Δt_1 и Δt_2 происходит уменьшение исследуемого параметра ΔP . Полученная закономерность изменения амплитуды ΔP сопряжена с нелинейным характером изменения давления P в рабочей полости исполнительного цилиндра. Причем, более высокому значению текущего давления P в силовом цилиндре соот-

ветствует более интенсивное снижение регулируемой величины. Так как величина порога регулирования определяется интенсивностью снижения давления, следовательно, необходимо регулировать зону нечувствительности в зависимости от текущего давления.

Процесс опорожнения цилиндра описывается зависимостью, левая часть которой представляет собой интенсивность изменения регулируемой величины $\dot{P} = dP/dt$. Предположив, что за конечный временной интервал переходного процесса Δt включения величина \dot{P} остается постоянной, для данного интервала можно записать $\dot{P} = \Delta P / \Delta t$. Тогда кривая переходного процесса $P(t)$ заменяется кусочно-линейной функцией. При релейном регулировании, с точки зрения минимизации максимального отклонения ΔP_m , необходимо обеспечить совпадение требуемого и действительного давления в цилиндре после выдачи команды на отключение клапана, который закрывается лишь через временной интервал Δt_2 . Это требование будет выполнено при $\chi_0(\dot{P}) = \Delta P = \dot{P} \cdot \Delta t_2$. Тогда условие исключения автоколебаний в системе будет выглядеть следующим образом:

$$\chi_0(\dot{P}) \geq \dot{P} \cdot \Delta t_2$$

В случае использования быстродействующих клапанов с запаздыванием Δt_2 меньше 0,01 с, предположение о постоянной скорости изменения давления в течение невысокой длительности указанного временного интервала можно считать вполне приемлемыми, что подтверждается также результатами испытаний.

При ступенчатом входном воздействии в первые моменты времени уменьшение регулируемой величины происходит не мгновенно, а с интенсивностью, определяемой величиной пропускной способности клапана выпуска, находящегося в открытом положении (предполагается, что к моменту времени $t = 0$ произошло его открытие). При выполнении условия $P_f \leq P_1 + \chi_0$ выдается команда на отключение клапана, который закрывается лишь через временной интервал Δt_2 . Величина ΔP_1 при этом определяет ошибку регулирования, которую необходимо свести к нулю. Предположим, зона нечувствительности χ_0 предварительно подобрана таким образом, чтобы обеспечить полное совпадение задаваемого давления P_2 и давления P в исполнительном цилиндре. Для этого случая $\Delta P_2 = 0$. В дальнейшем, настроенный исходя из данного условия, порог ре-

гулирования принят постоянным. При задании давления P_3 ($P_3 < P_2$) возникает ошибка регулирования ΔP_3 . Появление такой ошибки связано с тем, что, как следует из рис. 1, меньшей величине текущего давления соответствует меньшая скорость снижения регулируемой величины. Следовательно, после отключения электромагнитного клапана регулируемая величина снижается на меньшую величину за промежуток времени Δt_2 по сравнению с ранее рассмотренной. В случае, если задаваемое давление P_1 будет меньше P_2 , по которому предварительно был настроен порог регулирования χ_0 , давление в рабочей полости цилиндра P будет опережать задаваемое P_1 на величину $-\Delta P_1$.

текущее давление P в цилиндре, но и скорость изменения входной величины \dot{P}_f , задаваемой водителем. В случае, если производная \dot{P}_f равна нулю, то зона нечувствительности, определяемая по выражению $\chi_0(\dot{P}) = \dot{P} \cdot \Delta t_2$, как было показано ранее, полностью исключает ошибку ΔP_1 . Однако, при изменении задаваемого давления ($\dot{P}_f \neq 0$) появляется составляющая ΔP_f , которая показывает, на какую величину произошло снижение задаваемого давления за временной интервал Δt_2 после снятия управляющего воздействия с обмотки электромагнита. Приняв линейное изменение \dot{P}_f за промежуток времени Δt_2 , обозначим $\chi'_0 =$

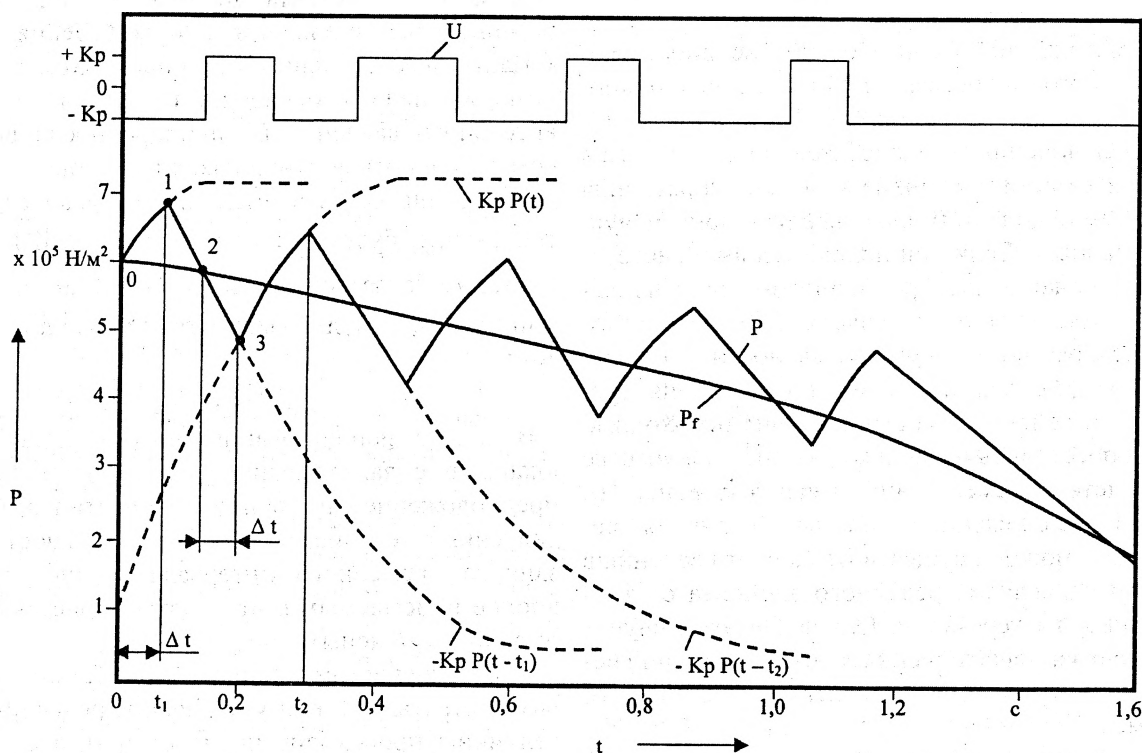


Рис. 1. Результаты моделирования переходного процесса в системе управления сцеплением без зоны нечувствительности

Таким образом, зону нечувствительности χ_0 необходимо корректировать: для давление P_1 : $\chi'_0 = \chi_0 + \Delta P_1$, что эквивалентно более раннему отключению электромагнитного клапана, для давления P_3 : $\chi'_0 = \chi_0 - \Delta P_3$, что эквивалентно более позднему отключению клапана. В случае "подвижного" порога регулирования, зависящего от текущей величины давления в рабочей полости цилиндра $\chi_0(\dot{P}) = \dot{P} \cdot \Delta t_2$, величина ΔP_1 будет сведена к нулю в диапазоне рабочих давлений.

Установлено, что на выбор величины порога регулирования χ_0 оказывает влияние не только

$= \Delta P_f = \dot{P}_f \cdot \Delta t_2$. Тогда величина скорректированного порога $\chi_0(\dot{P})$ должна быть уменьшена на χ'_0 для полного совпадения задаваемого и действительного давления. С учетом вышесказанного, результирующая величина зоны нечувствительности определяется следующим образом:

$$\chi_0(\dot{P}, \dot{P}_f) = (\dot{P} - \dot{P}_f) \cdot \Delta t_2.$$

При сравнении с ранее рассмотренными переходными процессами максимальная величина отклонения на участке включения уменьшилась на 28%.