

максимума. В этом случае включаются все операционные реле. Это соответствует выключению сцепления, перемещению педали подачи топлива в положение минимальной подачи, выключению передачи и прикрытию заслонки моторного тормоза. Спустя некоторое время  $t'_{\text{зап}}$ , соответствующее времени срабатывания исполнительных механизмов в принятом масштабе времени, по сигналу, свидетельствующему о включении нейтрали в коробке передач (сигнал "в" на рис. 2), величина управляющего напряжения снижается настолько, что выключается только ОПР-2. Начинается процесс синхронизации при включенном сцеплении и прикрытой заслонке моторного тормоза. Когда он закончится, система сравнения выдаст сигнал "г" (рис. 2), по которому управляющее напряжение ступенчато снизится до своего минимума. Все операционные реле выключаются. По истечении времени  $t''_{\text{зап}}$  модель трансмиссии автомобиля будет работать в режиме движения на высшей передаче. Процесс переключения окончен.

После отладки с помощью описанной модели решались задачи, связанные с работой двигателя внутреннего сгорания в качестве центрального синхронизатора.

УДК 629.113-597.5

П.Р.Бартош, В.П.Автушко, Н.Ф.Метлюк

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НА АВМ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА

Современные автопоезда оборудованы пневматическими тормозными приводами, в которых магистрали управления имеют большую длину, а суммарный объем рабочих полостей исполнительных органов достигает  $10^{-2}$  м<sup>3</sup> и более. Требуемое быстродействие (в пределах 0,6 с) и синхронность работы таких систем не всегда достигаются, что отрицательно сказывается на величине тормозного пути. При запаздывании срабатывания тормозного привода прицепа при экстренном торможении происходят мощные удары в сцепках, что ведет к "складыванию" автопоезда и нередко к авариям. Поэтому проблеме повышения быстродействия пневматических тормозных приводов уделяется большое внимание.

Один из способов повышения быстродействия пневмоприводов - применение в их схемах различных видов корректирующих устройств (КУ), обеспечивающих снижение времени срабатыва-

ния тормозных систем при определенных темпах перемещения тормозной педали [1].

С целью исследования потенциальных возможностей одного из КУ, выполненного в виде гибкой положительной обратной связи в воздухораспределительном клапане прицепа, воспользуемся аналоговой вычислительной машиной (АВМ), которой особенно удобно пользоваться при аналитическом исследовании качественных переходных характеристик приводов [2].

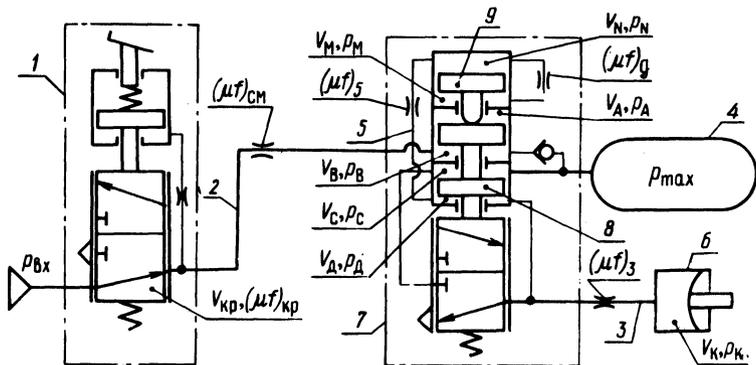


Рис. 1. Расчетная схема пневматического тормозного привода.

Исследуемый воздухораспределительный клапан, оснащенный КУ в виде гибкой положительной обратной связи, включен в тормозной привод прицепа (рис. 1). Конструктивное выполнение этого воздухораспределителя показано в работе [2].

Данное КУ в воздухораспределительном клапане 7 работает следующим образом. Когда давление в полости  $V_B$ , соединительной магистрали 2 и полости  $V_{KP}$  тормозного крана 1 падает, то открывается клапан воздухораспределителя и воздух проходит из ресивера 4 через трубопровод 3 в тормозные камеры 6, которые подключены к полости  $V_D$  воздухораспределительного клапана. Одновременно сжатый воздух из полости  $V_D$  поступает по трубопроводу 5 в полость  $V_N$  и через дроссель с эффективной площадью  $(\mu f)_D$  в камеру  $V_M$ .

При служебном торможении давления в полостях  $V_D$  и  $V_N$  нарастают медленно, поэтому камеры  $V_N$  и  $V_M$  заполняются сжатым воздухом почти одновременно. В этом случае поршень 9 КУ не воздействует на поршневую систему 8 воздухораспределителя 7.

При экстренном торможении давления в полостях  $V_D$  и  $V_N$  увеличиваются интенсивно. Сжатый воздух заполняет  $V_D$  камеру

$V_M$  с некоторой задержкой по времени. Давление в полости  $V_N$  воздействует на поршень 9, передвигая его вниз, который в свою очередь нажимает на поршневую систему 8 воздухораспределителя 7 и способствует в некотором промежутке времени быстрейшему открытию клапана воздухораспределителя на полную величину. Как только давления в полостях  $V_N$  и  $V_M$  выравниваются, поршень 9 возвращается в исходное верхнее положение и действие КУ исключается.

При исследовании переходных процессов таких пневмосистем с помощью АВМ целесообразно пользоваться при математическом описании линеаризованной газодинамической функцией расхода воздуха [1]. Математическая модель пневмоприводов, составленная с применением этой функции, как правило, не требует при наборе задачи на АВМ блоков умножения, что придает простоту блок-схеме и позволяет сравнительно легко и точно проводить необходимые исследования.

При составлении математической модели были приняты допущения: давление воздуха в ресивере не изменяется за время течения переходного процесса и равно  $p_{max}$ ; давление в полости  $V_C$  воздухораспределительного клапана поддерживается постоянным и равным  $p_C = p_{max}$ ; отсутствуют утечки в системе; температура воздуха в ресивере и в камерах пневматических аппаратов не изменяется; камеры пневмоаппаратов имеют постоянные объемы; объем полости тормозного крана не учитывается ввиду его малости; силы сопротивления движению подвижных частей воздухораспределителя приняты постоянными и равными  $P_{сопр}$ ; воздухораспределитель имеет необходимую удельную проходимость; усилие пружины в воздухораспределителе принято постоянным и равным  $P_{пр}$ .

Математическая модель однопроводного привода (рис. 1), составленная с учетом этих допущений, имеет следующий вид:

$$\frac{dp_B}{dt} = \frac{(\mu f)_{пр} v_{кр}}{V_B} (p_{вх} - \alpha_{пр} p_B);$$

$$P_D = \frac{1}{F_D} (p_N F_N + p_C F_C + p_A F_A - p_M F_M - p_B F_B - P_{сопр}) \text{ при } p_N > \frac{1}{F_N} (F_M p_M + P_{пр});$$

$$P_D = \frac{1}{F_D} (F_A p_A + F_C p_C - F_B p_B - P_{сопр})$$

$$\text{при } p_N \leq \frac{1}{F_N} (F_M p_M + P_{\text{пр}});$$

$$(\mu f)_{\text{пр}} = \frac{(\mu f)_{\text{кр}} (\mu f)_{\text{см}}}{\sqrt{(\mu f)_{\text{кр}}^2 + (\mu f)_{\text{см}}^2}},$$

если  $p_D < p_a$ , то  $p_K = p_M = p_N = p_a$ ; если  $p_D \geq p_a$ ,

$$\text{то } \frac{dp_K}{dt} = \frac{(\mu f)_3 v_{\text{кр}}}{V_K} (\alpha_3 p_D - p_K);$$

$$\begin{aligned} \frac{dp_N}{dt} = \frac{v_{\text{кр}}}{V_N} [ & (\mu f)_5 \alpha_5 p_D + (\mu f)_d p_M - (\mu f)_5 p_N - \\ & - (\mu f)_d \alpha_d p_N ]; \end{aligned}$$

$$\frac{dp_M}{dt} = \frac{(\mu f)_d v_{\text{кр}}}{V_M} (\alpha_d p_N - p_M);$$

$$p_a \leq (p_N, p_M, p_B, p_D, p_K) \leq p_{\text{max}};$$

$$p_A = p_a; p_C = p_{\text{max}},$$

где  $V_i$  - объем  $i$ -й камеры пневмоаппаратов привода ( $V_A, V_B$  и т.д.);  $p_i$  - давление в камере (узле);  $(\mu f)_i$  - эффективная площадь трубопровода (дресселя);  $\alpha_i$  - коэффициент аппроксимации;  $F_i$  - рабочая площадь поршня пневмоаппарата;  $v_{\text{кр}}$  - критическая скорость течения воздуха.

Согласно этим уравнениям составлена блок-схема (рис. 2) и проведены исследования на АВМ переходных характеристик привода без КУ и с КУ (рис. 1).

Исследования показали, что на быстродействие привода при экстренном торможении большое влияние оказывают параметры КУ; величины эффективных площадей  $(\mu f)_d$  и  $(\mu f)_5$ ; объемы камер  $V_N$  и  $V_M$ . Так как трубопровод, сообщающий между собой  $V_D$  и  $V_M$ , имеет большую эффективную площадь  $(\mu f)_5$  и оказывает незначительное сопротивление перетеканию через него воздуха, а изменение объемов  $V_N$  и  $V_M$  практически не

всегда возможно, потому что это связано с изменением размеров воздухораспределителя, то наибольшее внимание при исследовании уделялось влиянию  $(\mu f)_d$  на переходные характеристики привода.

Исследования показали, что при определенных величинах  $V_N$ ,  $V_M$ ,  $(\mu f)_d$  тормозной привод прицепа (полуприцепа) может потерять следящее действие при служебных торможениях автопоезда и любое торможение будет осуществляться как экстренное. В связи с тем, что тормозная система должна обладать высоким быстродействием при экстренном торможении и обеспечить хорошее следящее действие на всех режимах служебного торможения и оттормаживания, проведена оценка следящего действия привода.

На основании [2] задавались времена протекания переходного процесса на выходе тормозного крана при экстренном (0,2с) и служебном (2,2с) торможениях, причем величины давлений на входе в соединительную магистраль изменялись соответственно до максимального давления  $p_{max}$  в системе и до значения  $0,5 p_{max}$ . В блок-схеме предусмотрены интегратор 1 (рис. 2) и сумматор 2, позволяющие получить на АВМ падение давления на входе в соединительную магистраль в заданном темпе, чем осуществлялась реализация экстренного и служебного торможений. С помощью самописца типа "endim 620. 01" записывались давления в камерах (узлах) пневмопривода. При этом давления в тормозной камере регистрировались для приводов без КУ ( $p_k$ ) и с КУ ( $p'_k$ ), причем величина  $(\mu f)_d$  в КУ менялась. Оценка следящего действия осуществлялась по оценочному показателю  $\epsilon$  [2] для момента протекания переходного процесса, когда давления  $p_k$  и  $p'_k$  имели максимальное расхождение. Величина  $\epsilon$  определяется отношением разности давлений  $p'_k - p_k$  к  $p_{max}$  в процентах и не должна превышать 15-18%.

Исследования показали, что для каждого тормозного привода прицепа необходимо определять величину дросселя (эффективную площадь  $(\mu f)_d$ ) в КУ в зависимости от геометрических параметров привода. Для исследуемого привода (рис. 1) оптимальная величина  $(\mu f)_d$  определяется с помощью блок-схемы (рис. 2) на АВМ.

Установлено, что эффект использования КУ в виде гибкой положительной обратной связи в ВРК для тормозных пневматических приводов прицепов с длинными магистралями управления выше, чем с короткими. Если приводы оборудованы такими КУ,

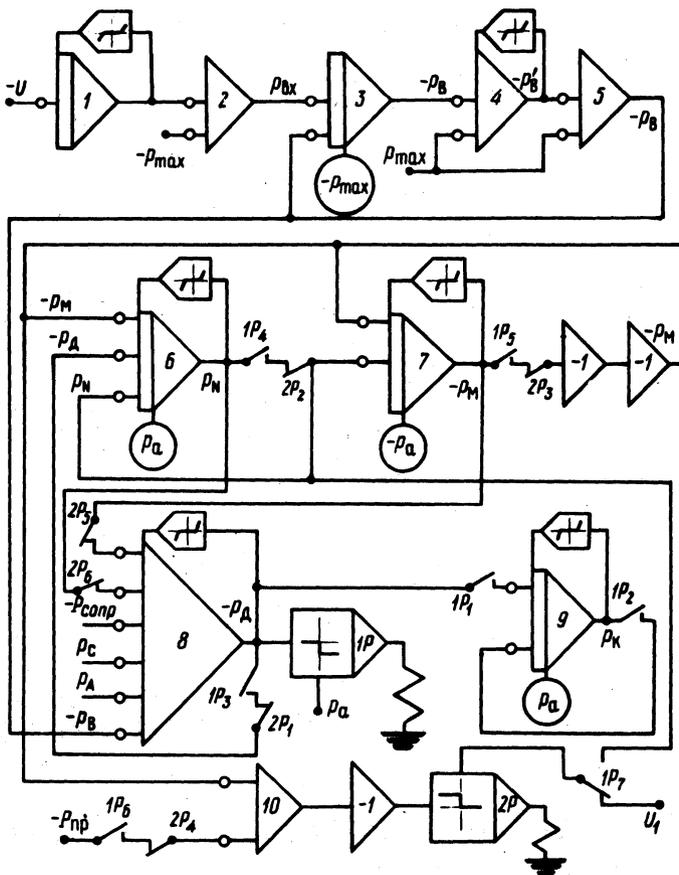


Рис. 2. Блок-схема для исследования на АВМ переходных характеристик тормозного привода, оснащенного КУ.

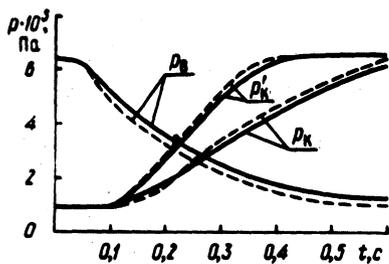


Рис. 3. Переходные характеристики тормозного привода:

— — экспериментальные кривые;  
 --- — расчетные кривые.

то быстродействие их при экстренном торможении увеличивается в 1,2–1,7 раза.

На рис. 3 показаны расчетные и экспериментальные переходные характеристики для давлений в тормозной камере ( $p_k$ ) и в полости В воздухораспределителя ( $p_B$ ). Эти характеристики получены при экстренном торможении автопоезда для тормозного привода прицепа (рис. 1) с  $V = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ,  $l = 18,5 \text{ м}$ ,  $l_3 = 1,5 \text{ м}$  ( $\varnothing 14 \times 1$ ) и диаметром дросселя в КУ,  $d = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Проводилось также исследование переходных характеристик двухпроводного привода, оборудованного таким же КУ. Математическая модель и блок-схема незначительно отличаются от приведенных, поэтому в данной работе не описываются.

Выводы. 1. Разработанные математическая модель и блок-схема позволяют исследовать переходные характеристики тормозных приводов с корректирующими устройствами в виде гибкой положительной обратной связи в воздухораспределителе прицепа.

2. Аналитически установлено и экспериментально подтверждено, что корректирующее устройство в виде гибкой положительной обратной связи в воздухораспределителе значительно (в 1,2–1,7 раза) повышает быстродействие пневматического тормозного привода прицепа (полуприцепа) при экстренном торможении автопоезда и позволяет в ряде случаев решить проблему снижения времени срабатывания пневматических приводов.

### Л и т е р а т у р а

1. Метлюк Н.Ф. Динамика и методы улучшения переходных характеристик тормозных приводов автомобилей и автопоездов. Докт. дис. – Минск, 1973. 2. Бартош П.Р. Исследование динамики и повышение быстродействия пневматического тормозного привода большегрузных прицепов. Канд. дис. – Минск, 1977.

УДК 629.113.001.4

Б.У.Бусел, А.И.Гришкевич, В.И.Чечик

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАГРУЗОЧНОГО РЕЖИМА ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Авторами разработана методика расчета характеристик нагрузочного режима деталей трансмиссии, учитывающая основные возмущающие воздействия и режимы работы трансмиссии. За-