

ТОРМОЖЕНИЕ ПНЕВМОДВИГАТЕЛЕЙ
ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ
BRAKING OF PNEUMATIC ENGINES BY BACKPRESSURE

П.Н. Кишкевич, канд. техн. наук, доц.,
М.И. Жилевич, канд. техн. наук, доц., М.А. Мишенский
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь
P. Kishkevich Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
M. Zhylevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
M. Mishenski
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Рассмотрены схемы торможения выходного звена пневмодвигателя противодавлением, приведен порядок расчета.

The braking schemes of the output link of the pneumatic motor by backpressure are considered, the calculation order is given.

ВВЕДЕНИЕ

Сжатый воздух, используемый в пневмоприводе (ПП), может обеспечивать выходному звену высокую скорость. Если не предусмотреть специальные устройства торможения, то поршень будет останавливаться за счет механического упора, что вызывает вибрации, повышенный шум и динамические нагрузки на конструкцию двигателя. Торможение выходного звена может выполняться дросселированием рабочего тела на выходе из полости опорожнения в конце хода поршня.

СХЕМЫ ТОРМОЖЕНИЯ

Схема плавного торможения поршня пневмодвигателя (ПД) с помощью специального дросселя показана на рис. 1. Сжатый воздух под давлением P_n из магистрали поступает в штоковую полость ПД через пневмораспределитель (ПР) $P4$ и обратный клапан $OK2$. Поршень движется из правого положения в левое. Воздух из бесштоковой полости через дроссель $DP1$ и ПР $P3$ сбрасывается в атмосферу. При достижении положения $||$ воздух через ПР $P1$ поступает в дрос-

сель $DP2$, настроенный на повышенное сопротивление потоку. В бесштоковой полости ПД давление p_2 увеличивается, перепад давления $\Delta p = p_1 - p_2$ уменьшается, и происходит торможение поршня за счет преобразования энергии движения поршня в энергию сжатого газа.

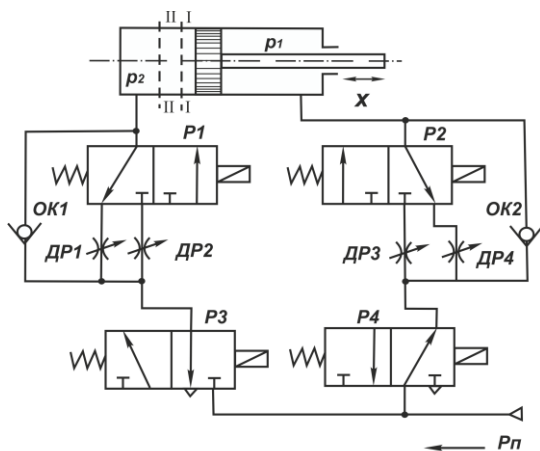


Рисунок 1 – Схема торможения поршня ПД с помощью специального дросселя

Для полного торможения поршня ПД в заданном положении ||-|| необходимо обеспечить равенство сил на поршне $p_2 \cdot A_{II} = p_2 \cdot A_{III}$, где A_{II} и A_{III} - площади бесштоковой и штоковой полостей поршня.

Для реверса поршня переключаются ПР $P1...P4$. Заданная скорость поршня обеспечивается настройкой дросселей $DP1$ и $DP4$, а торможение поршня в конце хода - настройкой дросселей $DP2$ и $DP3$. Данный метод регулирования скорости и торможения поршня конструктивно прост, но требует перенастройки дросселей при каждом изменении нагрузки. Кроме того, тормозной путь в этом случае составляет значительную часть от основного.

Одним из способов торможения поршня ПД является способ, при котором создается противодействие в соответствующей полости ПД. В этом случае при достижении поршнем определенного положения полость опорожнения соединяется с питающей магистралью привода.

Схема такого привода представлена на рис. 2.

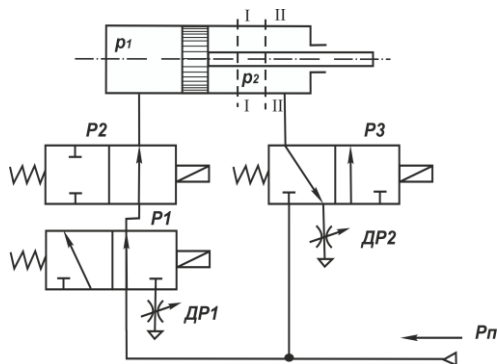


Рисунок 2 – Схема торможения поршня ПД противодавлением

Сжатый воздух из магистрали поступает через ПР $P1$ и $P2$ в бесштоковую полость ПД, а штоковая полость через $P3$ и $ДР2$ сообщена с атмосферой. Поршень ПД движется вправо, перепад давления $\Delta p = p_1 - p_2$. При достижении поршнем положения $||$ ПР $P3$ переключается, сжатый воздух из магистрали питания поступает в штоковую полость ПД. Давление в полостях ПД сравнивается ($p_1 = p_2$). Из-за разности площадей бесштоковой и штоковой полостей цилиндра A_1 и A_2 на поршень действует сила перемещения $F = p_1(A_1 - A_2)$, под действием которой поршень будет двигаться, но с меньшей скоростью. Для создания равновесия сил на поршне (эффекта торможения) одновременно с переключением $P3$ переключается $P2$, т.е. прекращается доступ сжатого воздуха в бесштоковую полость. В этом случае она представляет собой замкнутый объем V , где с некоторым допущением процесс состояния газа можно принять изотермическим [1]

$$pV = \text{const.} \quad (1)$$

Равновесие сил на поршне

$$p_1 A_1 = p_2 A_2 + F_c, \quad (2)$$

или

$$0,25\pi D^2 p_1 = 0,25\pi(D^2 - d^2) p_2 + F_c,$$

где F_c - полезная нагрузка; D - диаметр поршня, d - диаметр штока.

Если принять $F_c = 0$, то последнее выражение примет вид

$$p_1 = p_2(1 - (d/D)^2) \text{ или } p_1/p_2 = 1 - (d/D)^2 \quad (3)$$

Выражение (3) характеризует соотношение между давлением в бесштоковой и штоковой полостях ПД для получения равновесия сил на поршне (при отсутствии нагрузки) и является условием для торможения поршня. При этом начальное давление $p_{1н}$ должно изменяться до величины p_1 меньшей $p_{1н}$, а давление $p_{2н}$ возрастает до $p_{2н} = p_{пит}$. Перемещение поршня при замкнутом объеме воздуха приводит не только к изменению давления, но и объема газа.

Используя соотношение (1), запишем

$$\frac{p_1}{p_{1н}} = \frac{V_{1н}}{V_1} = \frac{A_1 \cdot X_{1н}}{A_1 \cdot X_1} = \frac{X_{1н}}{X_1} \quad (4)$$

Решая совместно (3) и (4), получим

$$X_{1н}/X_1 = 1 - (d/D)^2 \quad (5)$$

В реальных конструкциях ПД $d/D \approx 0,3 \dots 0,7$. Тогда

$$X_{1н}/X_1 = 1 - (d/D)^2 = X_{1н}/(0,91 \dots 0,51) \approx (1,1 \dots 1,96) \cdot X_{1н} \quad (6)$$

Из выражения (6) следует, что при использовании рассмотренного способа торможения с учетом принятых допущений перемещение поршня ПД после подачи сигнала на останов составляет от 10 до 96 % от первоначального положения поршня и зависит от конструкции исполнительного двигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью безударного останова выходного звена ПП, снижения уровня шума и уменьшения динамических нагрузок на конструкцию ПД, выполняющую технологические операции с высокой скоростью, следует применять специальные тормозные устройства, ограничивающие скорость движения поршня в конце рабочего хода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герц, Е.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие / Е.В. Герц, Г.В. Крейнин. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.