

## ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ РЕЛЕЙНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА

*Королев В.А., Стажков С.М., Воротынцев Б.Н.*

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
имени Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** релейный пневмопривод, рабочий орган, позиционирование, точность демпфирование, быстродействие.

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы повышения функциональности при проектировании пневмопривода. Применение релейного пневмопривода позволяет обеспечивать позиционный режим работы рабочего органа с заданной точностью, высоким быстродействием и фиксацией.

Пневматические приводы с релейным управлением широко используются при создании механизмов и машин практически в любой области машиностроения. Это связано с рядом положительных свойств, которые имеет пневматический привод по отношению к гидравлическому и электрическому приводу [1], что также можно видеть из приведенного сопоставления относительной стоимости единицы мощности (рис.1) и удельной мощности рис. 2 (характеризует быстродействие) различных типов приводов в зависимости от потребляемой мощности [2].

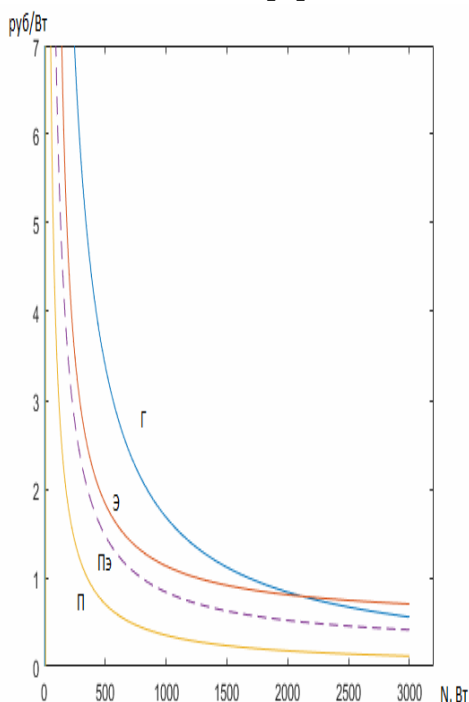


Рис. 1.

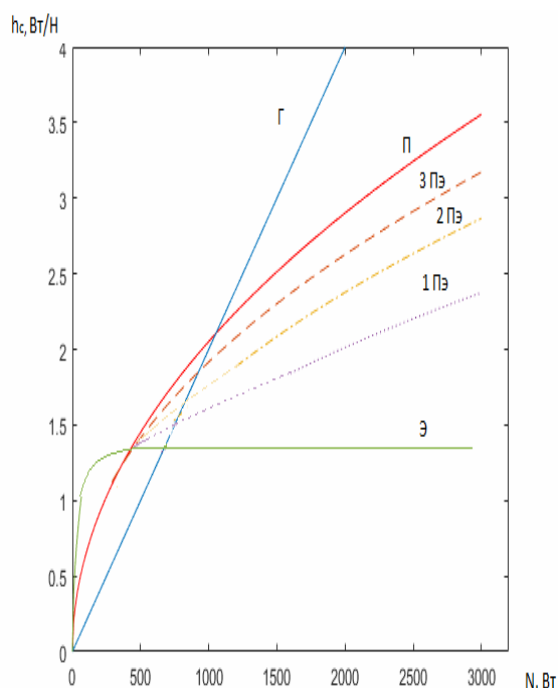
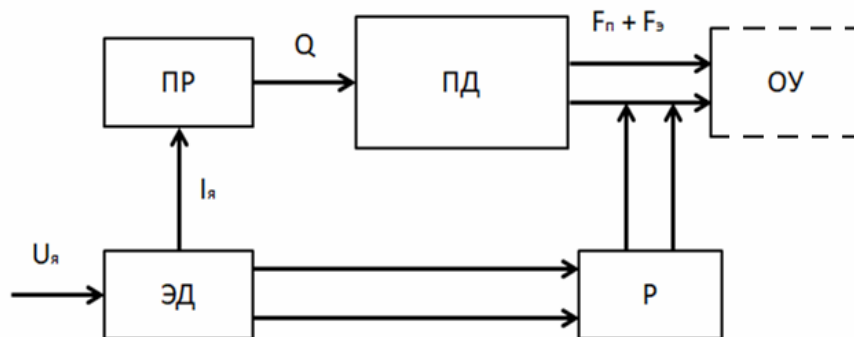


Рис. 2.

Однако значимость этих преимуществ снижается, когда для решения производственной задачи требуется привод, обеспечивающий позиционный или контурный режим работы. Одним из основных факторов, отрицательно влияющих на функциональные свойства пневмопривода, является сжимаемость воздуха, что вызывает колебательные явления в пневмодвигателе и

соответственно неопределенность значений погрешности позиционирования рабочего органа.

В настоящее время одним из основных направлений, повышающим функциональность пневматического привода является его комбинация (параллельная или последовательная) с гидравлическим приводом, назначение которого демпфировать колебания и фиксировать пневмодвигатель в заданной точке позиционирования. В этом случае заметно повышается стоимость, снижается удельная мощность и эксплуатационные характеристики такого привода. Рассмотрим возможность повышения функциональных свойств пневматического привода на основе комбинирования пневматического и электрического приводов, при котором пневматический и электрический двигатели действуют согласованно на всех режимах работы. Для получения существенного эффекта основная часть суммарной мощности должна приходиться на пневмодвигатель, который воспринимает статическую и часть динамической нагрузки. Электродвигатель благодаря высоким характеристикам управления обеспечивает управление движением механической части привода. Повышение функциональности пневмопривода обеспечивается благодаря принципу двухдвигательной системы с суммированием усилий в силовой цепи с релейным управлением пневмодвигателем в функции знака тока якоря электродвигателя. При этом электродвигатель является составной частью системы управления релейным пневмоприводом. Функциональная схема и схема конструктивного исполнения такого пневмопривода приведена соответственно на рис. 3 и 4.

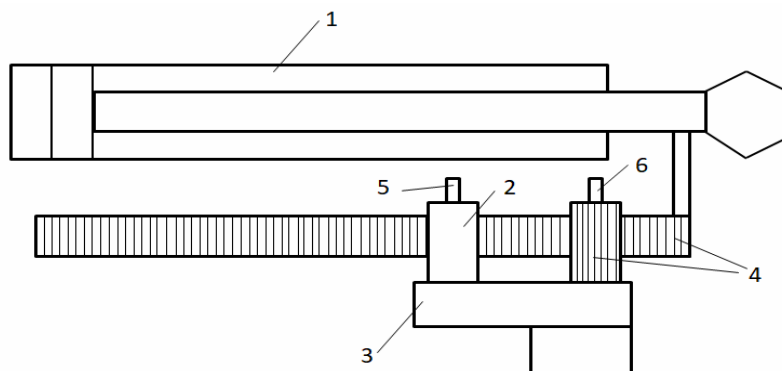


Пр – релейный пневмораспределитель; Пд – пневмодвигатель;  
 Эд – электродвигатель; Р – редуктор

Рис. 3. Функциональная схема

Его работа происходит следующим образом. При наступлении задающего воздействия  $U_{я}$  и появлении тока якоря электродвигателя  $I_{я}$  определенного знака релейный распределитель переключается, и воздух из пневмомагистрали поступает в пневмодвигатель. Развиваемое пневмодвигателем движущее усилие  $F_{п}$  действует согласованно с усилием электродвигателя  $F_{э}$ . При этом привод начинает разгоняться до заданной скорости под действием этого суммарного силового воздействия. При превышении значения заданной скорости ток якоря меняет свой знак, и электродвигатель переходит в генераторный тормозной режим, обеспечивая торможение привода. Вследствие изменения знака тока якоря переключается пневмораспределитель, обеспечивая торможение пневмодвигателя методом противодействия. В момент торможения

пневмодвигателя при подходе к точке позиционирования, электродвигатель развивает максимальное тормозное усилие и под действием суммарного силового воздействия пневмодвигатель останавливается.



1 – пневмодвигатель; 2 – электродвигатель; 3- редуктор; 4 – передача рейка-шестерня; 5, 6 – датчики скорости и положения; 7 – тормозное устройство

Рис. 4. Конструктивная схема

На рис.5 показана зависимость удельной мощности от потребляемой всего оборудования  $Pr$  гидравлического (Г), пневматического (П), электрического (Э) и с пневмоприводом повышенной функциональности (Пэ), что определяет весогабаритные показатели промышленного робота. При расчете удельной мощности всего оборудования гидравлического  $Pr$  к весу силовых частей привода, за который принят вес комплектных гидроприводов, добавлен вес насосной станции. При расчете удельной мощности электромеханического  $Pr$  в состав силовых частей были включены электродвигатель и механическая передача, кроме этого учитывали также все полупроводниковые преобразователи и силового питающего трансформатора.

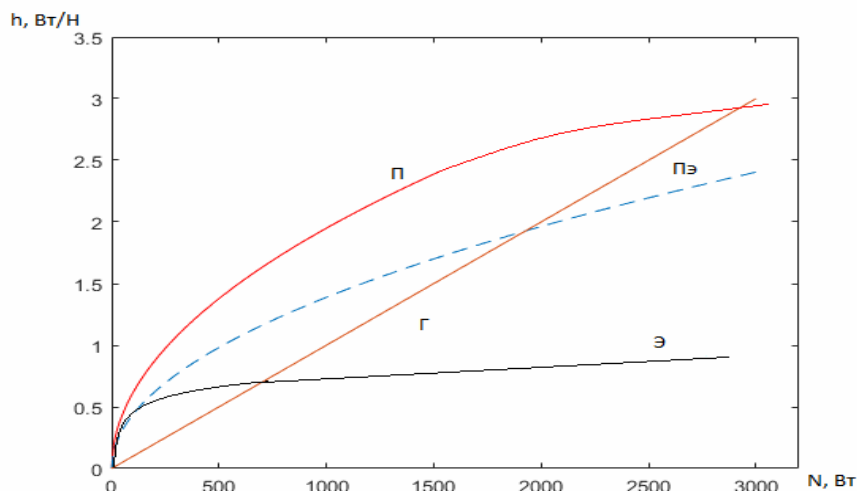


Рис. 5.

Важнейшим фактором повышения эффективности в любой хозяйственной области является снижение стоимости и повышения быстродействия оборудования при осуществлении производственного процесса. Соотношение стоимости Пэ по отношению к другим типам приводов представлено на рис. 1. Рассмотрим значимость повышения показателя удельной мощности пневмопривода с повышенной функциональностью (Пэ) по отношению к

удельной мощности релейного пневмопривода (П) и электропривода (Э) в зависимости от потребляемой мощности. Эти зависимости приведены на рис.2, где кривая 1 Пэ построена при соотношении  $\frac{N_{П}}{N_{Э}}=5$ , для 2 Пэ это значение равно

10, а для 3 Пэ соответственно 30. Отсюда следует, что с ростом  $\frac{N_{П}}{N_{Э}}$  отношение

$\frac{h_{ПЭ}}{h_{Э}}$  увеличивается существенно. Поэтому для обеспечения высокой эффективности пневмопривода с высокой функциональностью по удельной мощности достаточно при проектировании выбрать отношение  $\frac{N_{П}}{N_{Э}} > 10 \div 15$ .

Следует отметить, что при любых значениях отношения  $\frac{N_{П}}{N_{Э}}$  величина

$\frac{h_{ПЭ}}{h_{Э}}$  возрастает с увеличением мощности привода. На рис. 6 приведена

зависимость отношения  $\frac{h_{ПЭ}}{h_{Э}}$  от мощности привода. С увеличением мощности в

диапазоне 500÷4000 Вт значение  $\frac{h_{ПЭ}}{h_{Э}}$  возрастает примерно в 2 раза; т.е. чем

больше мощность привода, тем больше быстродействие пневмопривода с повышенной функциональностью в сравнении с релейным пневмоприводом и электроприводом.

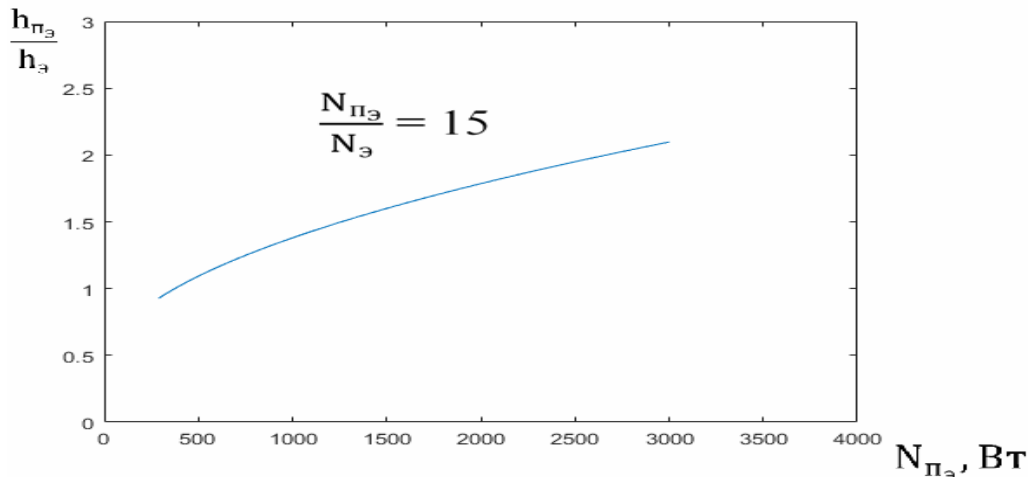


Рис. 6.

Таким образом, одним из направлений, повышающих функциональные свойства релейного пневмопривода, позволяющим его использование при автоматизации производств, требующих позиционный режим работы привода, является его использование в комбинации с электродвигателем в системе управления релейным пневмоприводом, где релейный пневмопривод воспринимает основную рабочую нагрузку. Затем методом противодействия

обеспечивает пневмоторможение привода, т.е. разгружает пневмопривод в области точки позиционирования и с помощью электродвигателя малой мощности (практически в пределах значений, определенных силой трения) обеспечивает позиционирование рабочего органа с заданной точностью и его фиксацию.

Для обеспечения наиболее рациональных показателей по удельной мощности и относительной стоимости релейного пневмопривода с повышенной функциональностью целесообразно применять при проектировании мощности свыше 500 ÷ 600 Вт, с соотношением номинальной мощности релейного пневмопривода и электропривода в пределах 15 ÷ 20. В этом случае обеспечивается увеличение удельной мощности всего устанавливаемого оборудования более чем вдвое, а снижение относительной стоимости примерно в 2,5 раза в сравнении с электроприводом, обеспечивающим позиционный режим работы.

#### Список литературы

1. Пневматика для всех. От теоретических основ к практическим навыкам. – Учебно-научный центр «Камоцци Пневматика», 2018.
2. Королев В.А. Пневматические приводы роботов: Учеб. пособие. – Л.: Изд. ЛП, 1986.

#### Сведения об авторах:

*Королёв Владимир Александрович* – д.т.н., профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург;

*Стажков Сергей Михайлович* – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург;

*Воротынцев Борис Николаевич* – старший преподаватель, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург.

#### THE IMPROVEMENT OF RELAY PNEUMATIC DRIVE FUNCTIONALITY

*Korolev V.A., Stazhkov S.M., Vorotyntsev B.N.*

**Keywords:** relay pneumatic drive, working body, positioning, damping accuracy, speed performance.

**Abstract.** In present work, problems of functionality improvement for pneumatic drive are considered. An application of a relay pneumatic drive allows providing positional operating mode of a working body with a given accuracy, high speeding performance and fixation.

#### References

1. Pneumatics for everyone. From theoretical basis to practical skills. – Educational-scientific center “Camozzi Pneumatics”, 2018.
2. Korolev V.A. Robot pneumatic drives: Textbook. – Leningrad, 1986.