

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМОПРИВОДОВ ТИПА «ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ МУСКУЛ»

При проектировании оборудования для условий работы, где требуется обеспечить высокую частоту работы привода, большие усилия, стойкость к запыленности и влажности, наиболее эффективно применение пневматических приводов типа «пневмомускул».

Пневматический мускул представляет собой новый тип пневматического исполнительного механизма, имитирующего движение биологических мускулов.

Пневмомускул состоит из шланга, армированного прочной сеткой, имеющей ромбовидную структуру, и двух фланцев, к одному из которых или обоим сразу подводится и отводится воздух. Под действием сжатого воздуха шланг расширяется в поперечном направлении, в результате чего возникает тянущее усилие и сокращение мускула в продольном направлении.

При изменении внешней силы мускул ведет себя как пружина: он повторяет действие нагрузки. Можно регулировать как усилие предварительного сжатия этой «пневматической пружины» так и ее жесткость. В качестве пружины пневмомускул может работать с постоянным давлением или с постоянным объемом. При этом получаются разные характеристики, что позволяет отлично сочетать их с условиями конкретного применения.

Пневматические мускулы находят свое применение в самых разнообразных отраслях промышленности и сферах деятельности человека. Они могут служить приводом подъемных устройств, устройств торможения, сортировки и вибробункеров. Их можно использовать также в качестве приводов пил и устройств для вырубki различных форм, например, кусочков теста или картона.

Работа пневмомускула принципиально отличается от работы обычного пневмоцилиндра. Тянущее усилие его достигает своего максимума в начале сокращения и снижается почти линейно до нуля к концу. По сравнению с пневмоцилиндром такого же диаметра пневматический мускул развивает начальное усилие в 10 раз большее, имеет малый вес, высокое быстродействие (рабочая частота до 50 Гц), возможность работы в загрязненной среде. Преимуществом пневмомускула является также отсутствие трения, механического заедания и утечек. Такой тип привода удобен в эксплуатации, отличается мобильной установкой. Обеспечивает простое позиционирование с помощью уровня давления.

Сложность расчета пневмомускула заключается в том, что в каждом конкретном случае для обеспечения заданной величины хода и усилия необходимо знать не только его диаметр, что обычно требуется для типового пневмоцилиндра, но и длину, при которой обеспечиваются заданные усилие и ход. Кроме того, существенное влияние на величину этих параметров влияют механические свойства оболочки пневмомускула. В частности, возникает необходимость расчета процессов в пневмомускуле с учетом деформации его корпуса (оболочки) для различных условий работы. В связи с этим все известные методы расчета типового пневмопривода к расчету пневмомускула неприменимы.

Поэтому на начальном этапе моделирования процессов в пневмомускуле возникла необходимость в разработке эмпирической модели. В основу модели положены экспериментальные зависимости усилия N , создаваемого пневмомускулом длиной l , от величины сжатия x пневмомускула при различных уровнях давлений. С использованием пакета MathCAD была определена функция, связывающая величину нагрузки N и сжатия x при постоянном давлении питания. Так, для пневмомускула типа MAS-10 при давлении

0,6 МПа, эта зависимость имеет вид $N = 725e^{-0,05\frac{x}{l}} + 230$.

Далее в модели были учтены газодинамические процессы, происходящие при наполнении и опустошении пневмомускула.

Учет деформации оболочки пневмомускула представляет собой сложную математическую задачу. Поэтому на начальном этапе было принято допущение о постоянстве внутреннего объема пневмомускула, что вполне оправдано для многих режимов работы пневмомускула. В результате получены следующие дифференциальные уравнения, описывающие изменение давления P в полости пневмомускула при его наполнении и опустошении, соответственно:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{23,7d^2 \sqrt{T_M}}{D^2 l \sqrt{\zeta_1}} \sqrt{P_M^2 - P^2}, \quad \frac{dP}{dt} = \frac{-23,7d^2 \sqrt{T_M}}{D^2 l \sqrt{\zeta_2}} \left(\frac{P}{P_M}\right)^{0,143} \sqrt{P^2 - P_A^2}$$

где D и l – диаметр и длина пневмомускула, d – диаметр трубопровода; и ζ_1 и ζ_2 – коэффициенты сопротивления пневмоаппаратуры, P_M и P_A – давление питания и атмосферное давление, T_M – температура воздуха в магистрали.