

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И СХЕМНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗРЕДУКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, РАБОТАЮЩИХ В ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

**В.И. Луковников**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

В большинстве областей науки, техники и производства используются устройства, рабочие органы которых работают в динамических режимах старт-стопного, возвратно-поступательного, возвратно-вращательного, колебательного, шагового или иного периодического движения [1]– [4].

Они применяются, например, в машиностроении для виброшлифования, виброгалтовки, перемешивания металлических расплавов, виброобработки, рубки и обработки ударами, в сельском хозяйстве для вибросортировки, вибротранспортирования, вибровспашки и встряхивания, в пищевой промышленности для расфасовки, упаковки и сушки, в текстильной промышленности для прокидки челноков и раскладки нити при намотке, в медицине в системах искусственного кровообращения, в спорте для биомеханической стимуляции, в оптико-механике и радиолокации для создания различных траекторий сканирования и т. д.

Наиболее распространенным приводом периодического движения рабочего инструмента является электропривод вращательного или поступательного движения, в котором используются различного рода механические преобразователи (редукторы), потери энергии в которых достигают 30 % мощности приводного электродвигателя.

Так как более 60 % всей электроэнергии потребляется электродвигателями, почти половина которых оснащается редукторами для получения движения требуемого характера, то потери электроэнергии в механических преобразователях в целом очень велики.

Сказанное убеждает в актуальности исследования и целесообразности использования таких режимов работы электродвигателей, особенно асинхронных, при которых заданное периодическое движение создается либо без редукторов непосредственно ротором, либо с помощью минимального числа ступеней механического преобразования.

Эффективность применения безредукторного электропривода обусловлена тем, что он позволяет не только уменьшить металлоемкость рабочей машины, но и осуществить плавное оперативное регулирование частоты и амплитуды колебаний, облегчить интеграцию привода с рабочим инструментом, повысить динамические и энергетические показатели, а значит, в целом повысить производительность рабочей машины и качество выпускаемой продукции.

Первые попытки создания и использования динамических режимов работы электродвигателей без применения механических преобразователей были сделаны более 80 лет назад [5], [6], но лишь в последние 15–20 лет осуществлены и реализованы разработки безредукторных электроприводов динамического движения исполнительных органов разнообразных рабочих машин [1]–[6].

Наиболее просто реализуются режимы частых пусков, торможений и реверсов, позволяющих получить как шаговое, так и колебательное движение, с помощью коммутаций сетевого электропитания электродвигателей [7].

Такой подход дает «жесткие» режимы работы, сопровождающиеся электромагнитными и электромеханическими ударными процессами в момент коммутации, неблагоприятно сказывающимися на надежности работы электропривода и рабочей машины.

Мягкий реверс обеспечивается, если электромагнитный момент (усилие) в момент смены направления движения уменьшается до нуля.

В асинхронных электродвигателях он получается за счет возбуждения в воздушном зазоре качающегося, шагающего, вибрирующего, ползущего магнитного поля в соответствии с требуемым законом движения ротора.

Для этого требуется между электросетью и электродвигателем располагать полупроводниковые преобразователи, осуществляющие балансно-амплитудную, фазовую или частотную модуляцию токов асинхронного электродвигателя [1]–[3] или электрической машины двойного питания [4].

В последнее время в учреждении образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» разрабатываются колебательные электроприводы на совершенно новом принципе – создании условий возникновения устойчивого автоколебательного режима в электромеханической системе [8], [9].

На рис. 1 представлена классификация существующих принципов создания автоколебательного режима работы в электродвигателях разного типа.

В соответствии с ней автоколебательное движение можно получить в нелинейных или релейных замкнутых системах управления, обеспечив, согласно теории автоматического регулирования, необходимые и достаточные условия их возникновения и существования.

Обычно с автоколебаниями, возникающими в САУ, борются, стараются их устранить, хотя известны работы, в которых делались попытки полезного использования автоколебательного движения электромеханических систем типа «генератор-двигатель». Эти системы громоздки, неудобны в управлении и дают малые диапазоны изменения амплитуд и частот колебаний.

Известен способ получения колебательного движения электродвигателя за счет самореверса, когда подвижный элемент двигателя в конечных точках своего перемещения воздействует на путевые переключатели полярности электропитания.

Реализация этого способа проста, но жесткий реверс сопровождается большими ударными токами и электромагнитными усилиями, что существенно снижает надежность и долговечность работы такого колебательного электродвигателя.

Еще более проста реализация автореверса в специальной конструкции электродвигателя со встроенными путевыми переключателями, но недостатки жесткого реверса сохраняются и в ней.

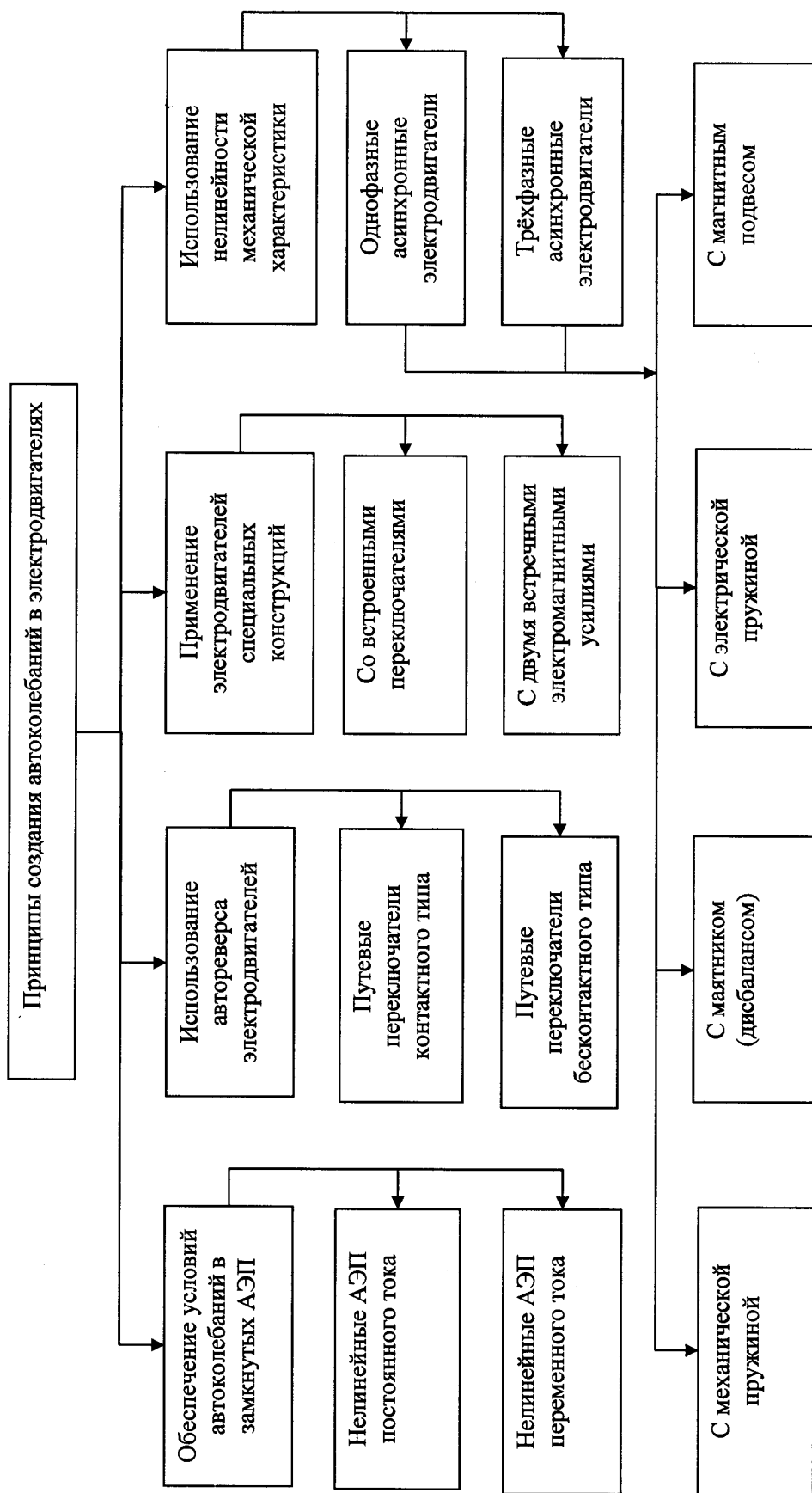


Рис. 1. Классификация принципов создания автоколебаний в электродвигателях

В составных электродвигателях с направленными навстречу друг другу электромагнитными усилиями осуществляется мягкий реверс, когда электромагнитное усилие в момент смены направления движения уменьшается до нуля, что исключает появление электротоковых и силовых ударов. Однако необходимость изготовления электродвигателя специальной конструкции, существенно отличающейся от серийной, сдерживает развитие этого принципа построения автоколебательных приводов.

Во многих случаях автоколебательного движения используется связь электро-механического преобразователя с нагрузкой через пружину. Как, например, в явно-полюсных электродвигателях со смещенными осями первичного и вторичного элементов, в однофазных и трехфазных асинхронных электродвигателях. Пружина может быть механической или «электрической», в последнем случае появляется возможность автоматического управления собственной частотой колебаний.

При таком подходе реализуется мягкий реверс на основе общего принципа построения автоколебательных электромеханических систем разомкнутого типа: создание консервативной пары «масса – упругость» и воздействие на нее активным нелинейным электромагнитным усилителем, компенсирующим диссипативные нагрузки.

Наиболее перспективна реализация этого подхода на основе асинхронного однофазного электродвигателя с пружиной на валу, поскольку здесь естественным образом создается консервативная пара (момент инерции ротора – упругость пружины), а механическая характеристика двигателя имеет требуемый для автоколебаний Z-образный вид [8].

Предложенное нами пересоединение обмоток общепромышленного трехфазного асинхронного электродвигателя для подключения к однофазной электрической сети, с целью перевода его в однофазный режим работы, и замена механической пружины маятником, имитирующим «упругость», позволяет предельно упростить конструкцию и повысить надежность автоколебательных электроприводов такого типа [9].

Автоколебательный асинхронный электропривод чрезвычайно прост в реализации, поскольку для него в отличие от традиционных колебательных приводов не требуются достаточно сложные силовые электронные блоки модуляции сетевого напряжения для электропитания обмоток, а достаточно статорные обмотки общепромышленного асинхронного электродвигателя подключить к однофазной электросети и на валу разместить пружину или маятник.

#### Л и т е р а т у р а

1. Луковников, В.И. Электропривод колебательного движения /В.И. Луковников. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
2. Луковников, В.И. Динамические режимы работы асинхронного электропривода /В.И. Луковников, В.П. Середа. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1990. – 211 с.
3. Грачев, С.А. Безредукторный электромашинный привод периодического движения /С.А. Грачев, В.И. Луковников. – Мн.: Вышэйшая школа, 1991. – 160 с.
4. Аристов, А.В. Электропривод колебательного движения с машиной двойного питания /А.В. Аристов. – Томск: Изд.-полиграф. фирма ТПУ, 2000. – 176 с.
5. Trombella P. The electric hammer //J.American Inst. Electric Eng. – 1922. – V. 41 – № 4. P. 46-52.
6. Ямпольский, Я.С. Магнитофугальные ударные машины /Я.С. Ямпольский //Электричество. – 1925. – № 11. – С. 39-44.
7. Петров, И.И. Специальные режимы работы асинхронного электропривода /И.И. Петров, А.М. Мейстель. – М.: Энергия, 1968. – 264 с.
8. Луковников, В.И. Анализ электромеханической автоколебательной системы «асинхронный электродвигатель – упругий элемент» /В.И. Луковников, Ю.А. Радченко //Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого. – 2003. – № 1 – С. 61-66.
9. Пат. № 4958 Республика Беларусь. Автоколебательный электропривод /В.И. Луковников, Л.В. Веппер, В.В. Тодарев; патентообладатель Гомельский гос. ун-т им. П.О. Сухого. – № a19990543; заявл. 01.06.99; опубл. 30.03.03.