

УДК 621.311

**ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ  
CONNECTION OF ELECTRIC MOTORS**

С.В. Казловский, Г.Ю. Куликов

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

S. Kazlovskiy, G. Kylikov

Scientific adviser – G.A. Mikhaltsevich, senior lecturer  
Belarusian National Technical University, Minsk

**Аннотация:** *Трехфазные электродвигатели получили большое распространение в начале двадцатого века с усиленным ростом индустриализации во всем мире. В данный момент нет ни одного предприятия в котором бы не использовался электродвигатель в качестве приводов станков и других механизмов. В данной статье мы рассмотрим способы, преимущества и недостатки подключения трехфазных асинхронных электродвигателей.*

**Abstract:** *Three-phase electric motors became widespread at the beginning of the twentieth century with the accelerated growth of industrialization around the world. At the moment, there is not a single enterprise that does not use an electric motor as drives for machine tools and other mechanisms. In this article we will consider the methods, advantages and disadvantages of connecting three-phase asynchronous motors.*

**Ключевые слова:** *асинхронный двигатель, подключение "звездой", подключение "треугольником", пуск электродвигателя "звезда-треугольник".*

**Keywords:** *asynchronous motor, star connection, delta connection, star-delta motor starting.*

**Введение**

Электродвигатель – преобразователь электрической энергии в механическую энергию вращения ротора. Наибольшее распространение получили асинхронные трехфазные двигатели с короткозамкнутыми роторами в связи с такими достоинствами как высокий КПД, простота конструкции и большой ресурс по сравнению с коллекторными. Основными элементами асинхронного электродвигателя являются статор и короткозамкнутый ротор. Число полюсов в электродвигателе определяется способом подключения и количеством обмоток статора. Сердечник статора и ротор изготавливают из листов электротехнической стали для уменьшения влияния вихревых токов, возникающих из-за воздействия вращающегося магнитного поля. Для уменьшения магнитного сопротивления, а следовательно и уменьшение тока, с учетом технологических возможностей, зазор между ротором и статором делают минимальным. Обмотка ротора представляет собой стержни из медного или алюминиевого сплава, соединенных с торцов кольцами, образуя так называемую "беличью клетку". Однако асинхронные электродвигатели имеют такие недостатки как высокий пусковой ток и сравнительно малый пусковой момент.

### Основная часть

Подключение трехфазных электродвигателей "звездой".

Суть данного метода заключается в соединении концов обмоток статора вместе в так называемой "нулевой точке", а на начало обмоток подается трехфазное напряжение. На обмотку при данном подключении действует не линейное, а фазное напряжение, которое меньше в  $\sqrt{3}$  раз. Фазный ток при этом равен линейному напряжению. Однако учитывая тот факт, что момент электродвигателя прямо пропорционален квадрату фазного напряжения, мы получаем на выходе момент в три раза меньший, чем при подключении "треугольником".

Подключение трехфазных электродвигателей "треугольником".

При данном подключении производится соединение концов одних обмоток с началом других, а трехфазное напряжение подается в узлы их соединений, что позволяет получить фазное напряжение равное линейному, что позволяет получить высокий момент ротора. Однако линейный ток в этом случае превышает фазный в  $\sqrt{3}$  раз. Это приводит к тому что пусковые токи с таким подключением превышают в несколько раз пусковые токи с подключением "звездой".

Подключение трехфазных электродвигателей "звезда-треугольник".

Комбинируя изложенные выше схемы подключения, мы можем заметно снизить пусковые токи и при этом получить высокий момент в номинальном рабочем цикле. Для реализации нам потребуется два дополнительных магнитных пускателя один из которых при пуске двигателя будет замыкать концы обмоток в "нулевой точке", а спустя небольшой период времени после разгона электродвигателя он разомкнет контакты, после чего включится второй магнитный пускатель, который соединит начало и концы различных обмоток в результате чего электродвигатель перейдет в режим работы с максимальным моментом. Однако недостатком данного способа является понижение пускового момента в три раза.

Подключение с использованием добавочных сопротивлений в цепь статора.

Данный тип пуска асинхронного электродвигателя опирается на подключение "треугольник", но на фазных проводах имеются добавочные сопротивления и параллельно им нормально разомкнутая контактная группа магнитного пускателя. Данный принцип подключения похож своей идеей на подключение "звезда-треугольник" однако в данном случае для понижения линейного напряжения используют добавочные сопротивления, в результате запуск двигателя происходит на меньших токах. После чего контактная группа замыкается и на обмотки двигателя подается линейное напряжение 380 вольт. Преимуществами данного подключения являются то, что пусковой ток можно ограничивать до допустимого значения. Недостаток заключается в том, что, как и в предыдущих случаях, у нас пропорционально напряжению падает и пусковой момент электродвигателя.

Автотрансформаторный пуск.

Подключение с использованием автотрансформатора идентично подключению с добавочными сопротивлениями, однако вместо них используется трехфазный автотрансформатор, который имеет коэффициент трансформации равный

$$n = \frac{U_{л}}{U_{обм}} = \frac{I_{обм}}{I_{л}}, \quad (1)$$

где  $n$  – коэффициент трансформации;

$U_{л}$  – линейное напряжение;

$U_{обм}$  – напряжение на обмотке;

$I_{обм}$  – ток в обмотке;

$I_{л}$  – линейный ток.

Из этого следует, что ток в обмотке статора будет в  $n$  раз меньше, а учитывая коэффициент трансформации, то линейный ток будет в  $n^2$  раз меньше. Данное условие позволяет получать большой пусковой момент с тем же пусковым током по отношению к другим схемам подключения. После пуска происходит прямое подключение обмоток. Недостатком данного способа является высокая стоимость, усложнение конструкции, увеличение напряжения пульсаций отдаваемых электродвигателем в электросеть.

Пуск двигателя с использованием частотных преобразователей.

Данный способ получил распространение, с ростом доступности высококачественных радиокомпонентов. Он основан на выпрямлении переменного сетевого напряжения в постоянное напряжение с помощью диодно-тиристорного выпрямителя. Пульсации сглаживаются с помощью конденсаторов. Затем выходное напряжение поступает на частотный преобразователь. На выводы электродвигателя напряжение поступает с определенной частотой с выхода инвертора путем открытия и закрытия высокомошных транзисторов. Данный способ позволяет плавно изменять обороты электродвигателя, уменьшить пусковые токи, изменять момент на валу двигателя.

### **Заключение**

При относительно не сложном технологическом процессе перехода пуска электродвигателя на схеме "звезда-треугольник" или с использованием добавочных сопротивлений, возможно получение значительного понижения пусковых токов без потери рабочей мощности электродвигателя. Однако в момент перехода с одного вида подключения на другой происходят скачки токов, которые во много раз меньше по времени пуска самого электродвигателя. Использование схемы с автотрансформатором позволяет значительно снизить пусковые токи и является лучшей схемой подключения, однако она имеет высокую стоимость. Использование частотных преобразователей позволяет улучшить качество управления технологическими машинами, уменьшить, благодаря возможности регулировки частоты и выходного напряжения,

пусковые токи при относительно небольшой стоимости, что является самым оптимальным вариантом.

#### Литература

1. Архипцев, Ю.Ф. Асинхронные электродвигатели / Ю.Ф. Архипцев.– Москва: Энергия, 1975. – 96 с.
2. Чиликин, М.Г. Электротехнический справочник / М.Г. Чиликин, П.Г. Грудинский – Москва: Энергия, 1971. – 528 с.
3. Маршак, Е.Л. Ремонт и модернизация асинхронных двигателей / Е.Л. Маршак. – Москва: Энергия, 1970. – 280 с.