

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СПОСОБОВ ПУСКА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**Поминов А.Д., Лившиц Ю.Е.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

На сегодняшний день асинхронные электродвигатели являются самыми распространёнными потребителями электроэнергии в мире и используются повсеместно, начиная от бытовых устройств и заканчивая крупными промышленными установками. Широкое применение асинхронных двигателей объясняется их достоинствами по сравнению с другими двигателями: высокая надёжность, простота ремонта, малое количество конструктивных элементов, возможность работы непосредственно от сети переменного тока, простота обслуживания.

Однако простота конструкции приводит к сложности при пуске двигателя, так как токи в обмотках ротора и статора зависят от скольжения и возрастают при его увеличении, пусковой ток двигателя в 5 - 10 раз больше его номинального тока [1].

Умение правильно выбрать метод пуска асинхронного двигателя входит в набор навыков, которыми должен владеть инженер-электромеханик. Поэтому на кафедре РТС БНТУ разработан обучающий стенд для исследования способов пуска трехфазного асинхронного двигателя. Лабораторный комплекс, позволяет на практике изучить различные способы пуска 3х-фазных асинхронных двигателей, часто применяющихся в технических системах.

В лабораторном стенде использованы три вида пуска асинхронного двигателя для анализа их преимуществ и недостатков: прямой, пуск «звезда-треугольник», плавный пуск. Схема лабораторного комплекса изображена на рисунке 1.

Прямой пуск является наиболее распространенным при мощности двигателя до 1кВт, так как он считается самым дешевым и компактным. Исходное оборудование включает в себя только контактор КМЗ, а также тепловое реле КК1.1. Недостатком этого метода является то, что при нем возникает максимально возможный пусковой ток. Также существует пиковый ток из-за намагниченности, который может быть в 20 раз выше номинального тока, т.к. напряжение на двигателе в момент пуска отсутствует [2]. Несмотря на указанные недостатки, пуск двигателя путем непосредственного подключения обмотки статора к сети широко применяют благодаря простоте и хорошим технико-экономическим свойствам двигателя с короткозамкнутым ротором — низкой стоимости и высоким энергетическим показателям.

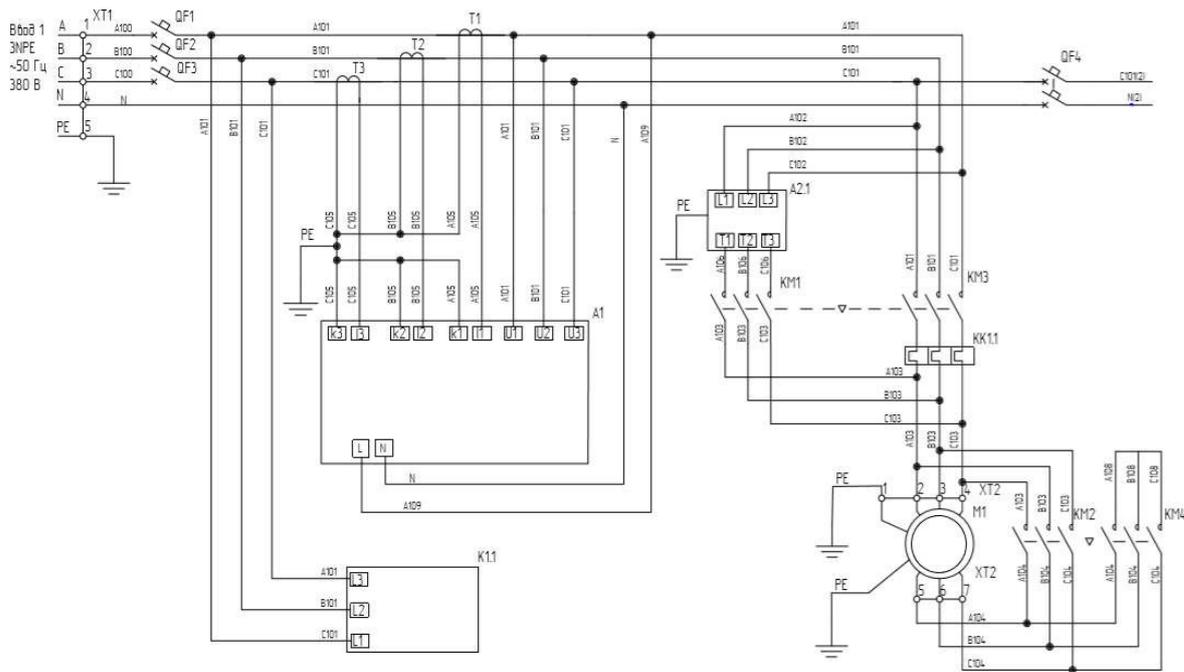


Рисунок 1 — Схема лабораторного комплекса

Пуск «звезда-треугольник» состоит из трех контакторов: основной контактор КМ3, контактор треугольника КМ2, контактор звезды КМ3 и реле перегрузки КК1.1 и реле времени (на схеме не указано). Этот метод пуска можно использовать только с двигателем, который в номинальном режиме работы соединен треугольником. Основная идея использования такого способа пуска состоит в том, что в начальный момент разгона двигателя, его обмотки соединены звездой, что обеспечивает пониженный ток [2]. По ставки реле времени КТ (реле времени) подключение меняется на треугольник, что обеспечит полный ток и крутящий момент. При подключении по схеме «треугольник» напряжение на каждой обмотке двигателя соответствует напряжению в сети.

Преимуществом пуска является то, что некоторые трехфазные двигатели на низкое напряжение с мощностью выше 5 кВт рассчитывают на напряжение 400 В при включении по схеме «треугольник» ( $\Delta$ ) или на 690 В при включении по схеме «звезда» ( $Y$ ). При пуске двигателя по схеме «звезда – треугольник» удастся уменьшить пусковой ток, до  $1/3$  от тока прямого пуска от сети.

Недостатком пуска асинхронного двигателя переключением «звезда – треугольник» является то, что при пуске двигателя переключением «звезда – треугольник» происходит также снижение пускового момента, приблизительно на 33%.

Пуск при пониженном напряжении. Такой пуск применяют для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором большой мощности, а также для двигателей средней мощности при недостаточно мощных электрических сетях. Логичным способом снижения пускового

тока стало снижение напряжения, подаваемого на статор в момент запуска, с его постепенным увеличением при разгоне двигателя. Простейший и наиболее старый способ плавного пуска – реостатный пуск электродвигателя: в цепь статора последовательно включается несколько мощных резисторов, последовательно закорачиваемых контакторами [3].

Подобный способ плавного пуска имеет очевидные недостатки:

Проблематичность автоматизации, работа контакторов не привязывается к реальному значению тока, они переключаются с помощью реле времени автоматически.

Усложнение пуска под нагрузкой, так как крутящий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения питания, снижение напряжения в момент пуска в два раза приведет к снижению крутящего момента в четыре раза. В лабораторном комплексе плавный пуск подключен к преобразователю частоты А2.1 для экономии энергии и для полного регулирования скоростью.

Преобразователи частоты преобразует постоянную частоту и напряжение входного питания в регулируемую частоту и выходное напряжение для контроля скорости асинхронного двигателя. Частота питающего напряжения, подаваемого на клеммы электродвигателя переменного тока, определяет скорость вращения двигателя.

Среди важнейших преимуществ использования ПЧ стоит отметить: увеличение срока службы двигателя благодаря тому, что вне зависимости от величины нагрузки работа электрического двигателя будет оптимизирована;

устранение проблемы динамических перегрузок при пуске насосного оборудования.

Преобразователи частоты позволяют решить эти проблемы, а также оптимизировать, увеличить эксплуатационный ресурс оборудования в целом и компенсировать энергозатраты. В лабораторном стенде использован частотный преобразователь WEG CFW10 Easydrive для реализации плавного пуска трехфазного асинхронного двигателя.

## Литература

1. Справочник по электрическим машинам: В 2т./С74 под общ. Ред. *И.П. Копылова, Б.К. Клокова*. Т. 1.-М. : Энергоатомиздат, 1988.-456 с.
2. Основы автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов / *М.Г.Чиликин, М.М.Соколов, В.М.Терехов, А.В.Шинянский* и др., «Энергия», 1974.
3. Плавный пуск, [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://wsd.by/> – Дата доступа: 10.09.2019