

ЗАПУСК АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО СХЕМЕ «ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК» НАМИНАЛОМ 30 кВт С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ FINDER 80.82

Практически любое производство в наши дни не обходится без мощного асинхронного электродвигателя. При запуске такого двигателя пусковой ток в 3-8 раз превышает значение номинального тока, необходимого для работы в нормально-устойчивом режиме.

Большой пусковой ток необходим для того, чтобы раскрутить ротор из состояния покоя. Для этого необходимо приложить гораздо больше усилий, чем для дальнейшего поддержания постоянного числа оборотов в заданный промежуток времени.

Значительные величины пусковых токов у асинхронных двигателей являются весьма нежелательным явлением, поскольку это может приводить к кратковременной нехватке энергии для другого подключенного к этой же сети оборудования (падению напряжения). Масса примеров такого влияния встречается как на производстве, так и в быту. Первое, что вспоминается - это «мигание» электрической лампочки при работе сварочного аппарата, но бывают случаи серьезнее: просадка напряжения может стать причиной бракованной партии товара на производстве, что ведет к большим финансовым и трудовым затратам. Большой пусковой ток также может вызвать ощутимые тепловые перегрузки обмотки электродвигателя, в результате чего происходит старение изоляции, ее повреждение и в конечном итоге может произойти сгорание двигателя.

Все это послужило мотивом для поиска решения по минимизации токов пуска. Одним из таких решений является метод запуска двигателя по схеме «звезда-треугольник». Для начала разберемся что же такое «звезда», а что - «треугольник», и чем они отличаются друг от друга. Звезда и треугольник являются самыми распространенными и применяемыми на практике схемами подключения трехфазных электродвигателей. При включении трехфазного электродвигателя «звездой» (см. рис.1) концы обмоток статора соединяются вместе, соединение происходит в одной точке, называемой нулевой точкой или нейтралью. Трехфазное напряжение подается на начало обмоток.

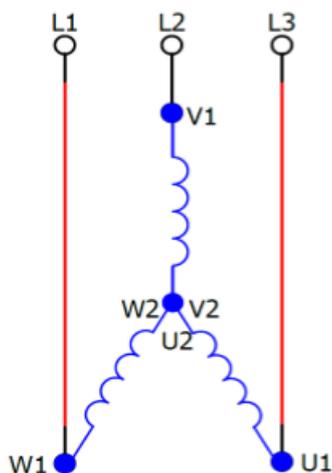


Рисунок 1 — Схема подключения «звезда»

При соединении обмоток статора «звездой», соотношение между линейным и фазным напряжениями выражается формулой (1):

$$U_n = U_\phi \sqrt{3} \quad , \quad (1)$$

где U_n - напряжение между двумя фазами;
 U_ϕ - напряжение между фазой и нейтральным проводом.

Значения линейного и фазного токов совпадают, т. е. $I_{л} = I_{\phi}$.

При включении трехфазного электродвигателя по схеме «треугольник» (см. рис. 2) обмотки статора электродвигателя соединяются последовательно. Таким образом, конец одной обмотки соединяется с началом следующей, напряжение в этом случае подается на точки соединения обмоток. При соединении обмоток статора «треугольником» напряжение на фазе равно линейному напряжению между двумя проводами линии: $U_{л} = U_{\phi}$.

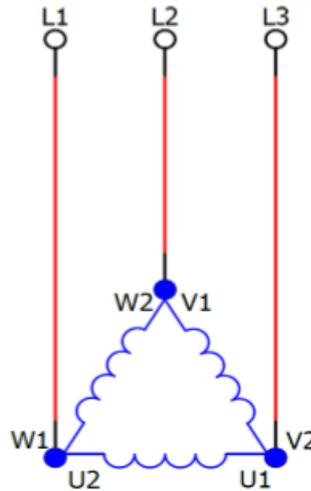


Рисунок 2 — Схема подключения «треугольник»

Однако ток в линии (сети) больше, чем ток в фазе, что описывается формулой (2):

$$I_{л} = I_{\phi} \cdot \sqrt{3}, \quad (2)$$

где $I_{л}$ – линейный ток;

I_{ϕ} – фазный ток.

Получается, что соединяя обмотки «звездой», мы уменьшаем линейный ток, чего изначально и добивались. Но есть и обратная сторона этой схемы: как мы видим из формулы (3), пусковой момент двигателя прямо пропорционален фазному напряжению:

$$M_{п} = \frac{m \cdot U^2 \cdot r_2' \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot ((r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2)}, \quad (3)$$

где U – фазное напряжение обмотки статора;

r_1 – активное сопротивление фазы обмотки статора;

r_2' – приведенное значение активного сопротивления фазы обмотки ротора;

x_1 – индуктивное сопротивление фазы обмотки статора;

x_2' – приведенное значение индуктивного сопротивления фазы обмотки неподвижного ротора;

m – количество фаз;

p – число пар полюсов.

Чтобы было нагляднее, давайте рассмотрим пример: предположим, что рабочей схемой обмотки асинхронного электродвигателя является «треугольник», а линейное напряжение питающей сети равно 380В, сопротивление обмотки статора $Z = 10$ Ом. Если обмотки во время пуска подключены «звездой», то уменьшатся напряжение и ток в фазах:

$$U_{\phi} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\text{В}$$

Фазный ток равен линейному току и равен:

$$I_{\phi} = I_{л} = \frac{U_{\phi}}{Z} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}$$

После того, как двигатель набрал необходимые обороты, т. е. разогнался, переключаем обмотки со «звезды» на «треугольник», в этом случае получаем совершенно другие значения тока и напряжения:

$$U_{\phi} = U_{л} = 380 \text{ В}$$

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z} = \frac{380}{10} = 38 \text{ А}$$

$$I_{л} = \sqrt{3} I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 38 = 65,8 \text{ А}$$

Соответственно, при пуске двигателя по схеме «звезда», фазное напряжение в $\sqrt{3}$ раз меньше линейного, а по схеме «треугольник» - они равны. Отсюда следует, что момент при пуске по схеме «звезда» в 3 раза меньше, а значит, запуская двигатель по этой схеме, мы не сможем добиться выхода двигателя на номинальную мощность. Решая одну проблему возникает вторая, не менее острая, чем повышенные пусковые токи. Но единое решение все-таки есть: необходимо скомбинировать схемы подключения двигателя так, чтобы при пуске мощного двигателя не было больших токов в сети, а после того, как двигатель выйдет на необходимые для его работы обороты, происходит переключение на схему «треугольник», что позволяет работать со 100% нагрузкой без каких-либо проблем.

С поставленной задачей прекрасно справляется реле времени [Finder 80.82](#). При подаче питания на реле, мгновенно замыкается контакт, который отвечает за подключение по схеме «звезда». После заданного промежутка времени, на котором обороты двигателя достигают рабочей частоты, контакт схемы «звезда» размыкается и замыкается контакт, который отвечает за подключение по схеме «треугольник». Контакты останутся в таком положении до снятия питания с реле. Наглядная диаграмма работы данного реле представлена на рисунке 3.

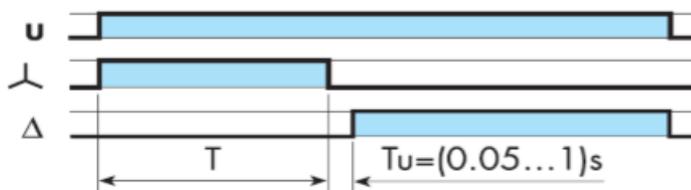


Рисунок 3 – Временная диаграмма реле времени 80.82

Рассмотрим более подробно реализацию данной схемы на практике. Она применима только для двигателей, у которых на шильдике указано «Δ/Y 660/380В». На рисунке 4 представлена силовая часть схемы «звезда-треугольник», в которой используется три электромагнитных пускателя.

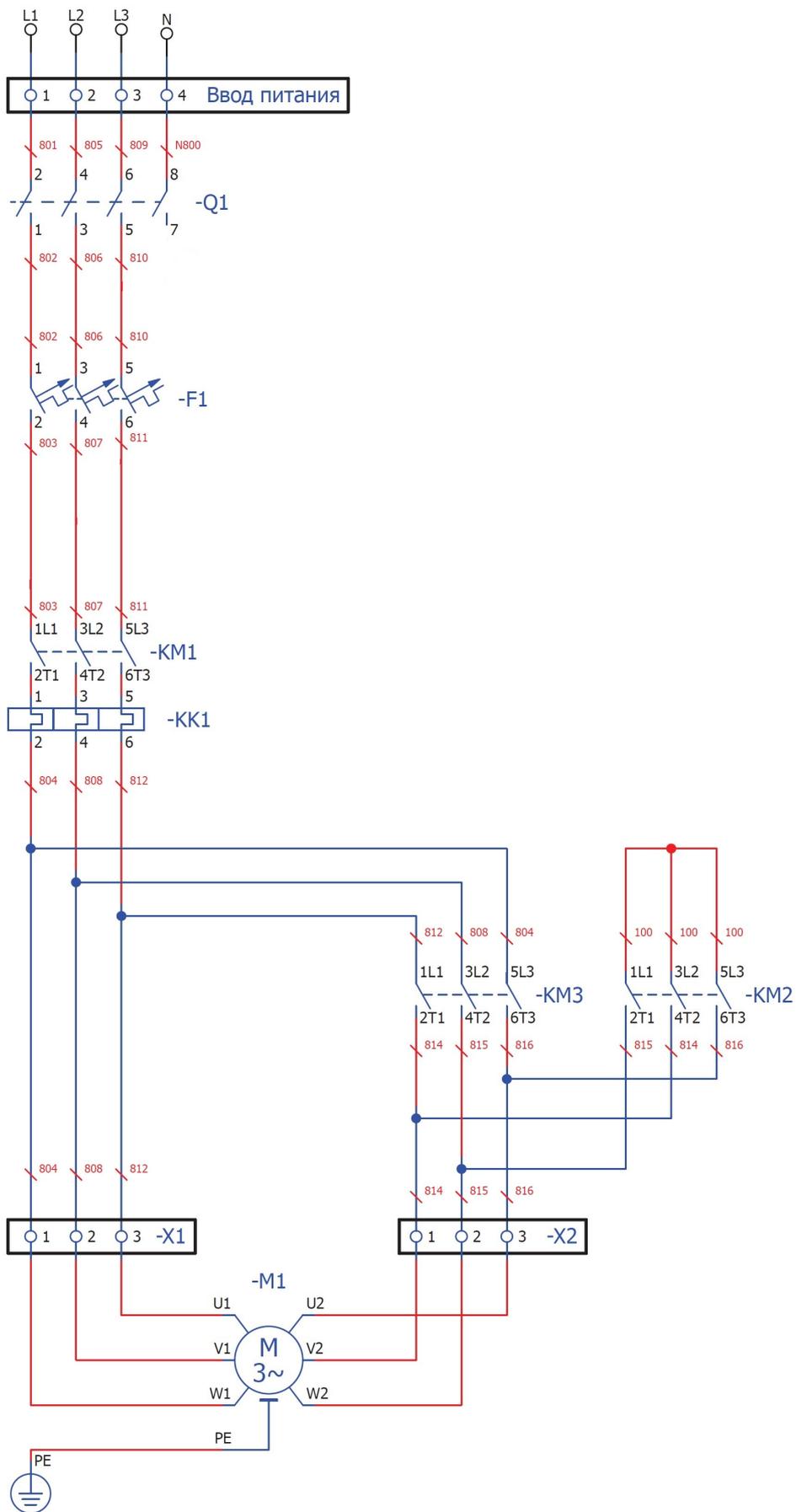


Рисунок 4 – Силовая часть схемы «звезда-треугольник»

Как было описано ранее, для управления переключением со схемы «звезда» на схему «треугольник» необходимо воспользоваться реле Finder 80.82. На рисунке 5 представлена схема управления с помощью данного реле.

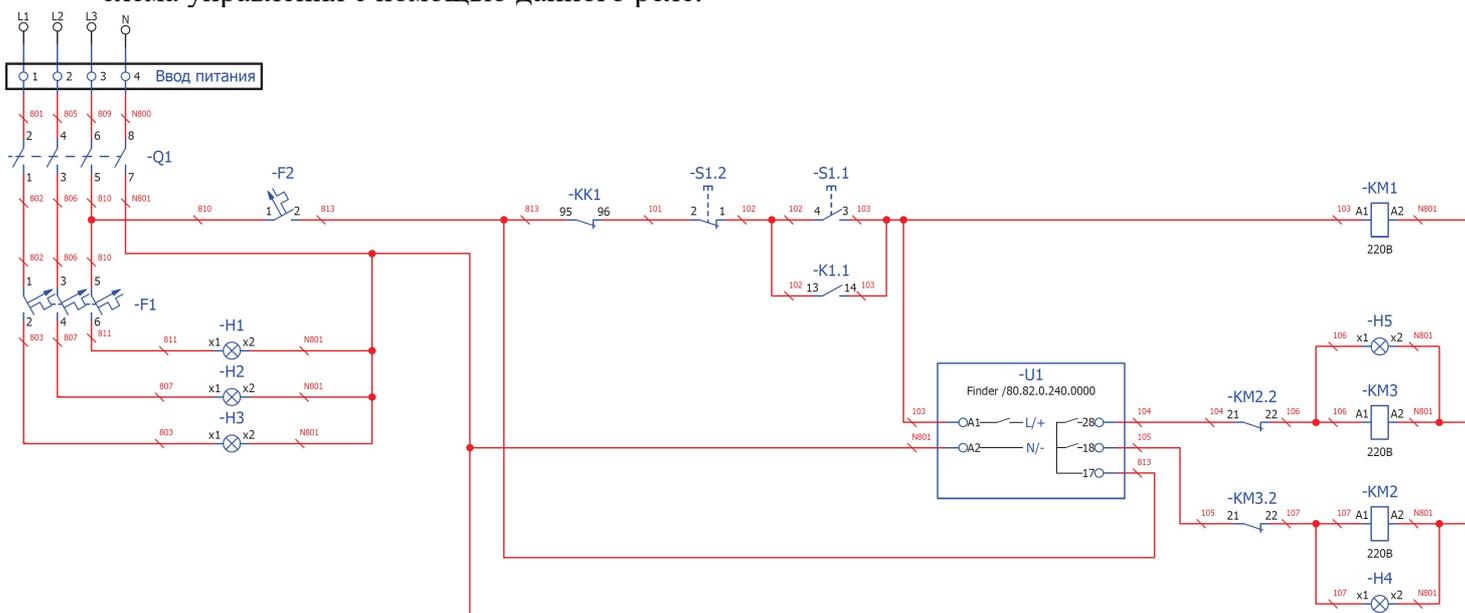


Рисунок 5 – Управление схемой «звезда-треугольник»

Разберем алгоритм работы данной схемы:

После нажатия кнопки S1.1, запитывается катушка пускателя KM1, в результате чего, замыкаются силовые контакты KM1 и при помощи дополнительного контакта KM1.1 реализуется самоподхват пускателя. Одновременно подается напряжение на реле времени U1. Замыкаются контакты реле времени 17-18 и включается пускатель KM2. Таким образом, происходит запуск двигателя по схеме «звезда». По истечении времени T (см. рис. 3), контакт реле времени 17-18 мгновенно разомкнется, пройдет задержка времени Tu, и замкнется контакт 17-28. Вследствие чего, сработает пускатель KM3, который осуществляет переключение на схему «треугольник». Нормально замкнутые контакты пускателей KM2.2 и KM3.2 используется для предотвращения одновременного включения пускателей KM2 и KM3. Чтобы защитить двигатель от перегрузки, в силовой цепи установлено тепловое реле KK1. В случае перегрузки, тепловое реле разомкнет силовую цепь и цепь управления через контакт KK1.1. Остановка двигателя происходит при нажатии кнопки S1.2, которая разрывает цепь самоподхвата и обесточит катушку пускателя KM1.

Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что для облегчения пуска мощного электродвигателя, рекомендуется изначально запускать его по схеме «звезда», что позволяет значительно снизить пусковые токи, уменьшить просадку напряжения в сети, но не позволяет двигателю выйти на номинальный режим работы. Для выхода двигателя на номинальный режим необходимо осуществить переключение обмоток статора на схему «треугольник». Схема переключения обмоток со «звезды» в «треугольник» реализована с помощью реле времени Finder 80.82, в котором устанавливается время разгона электродвигателя.

Статью подготовили сотрудники
 ООО «КИП-Сервис»
 Хоровец Георгий
 Ядыкина Ольга

Список используемой литературы

1. ГОСТ 11828-86 Определение вращающих моментов и пусковых токов.
2. Вешневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе.// Издание 6-е, исправленное. Москва, Издательство «Энергия», 1977
3. Войнаровский П. Д. Электродвигатели. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона//