

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.

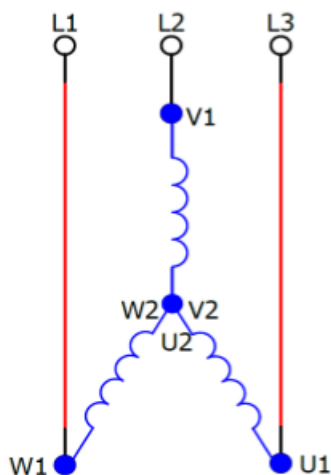


Рисунок 1 — Схема подключения «звезда»

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: $U_{л} = U_{\phi}$.

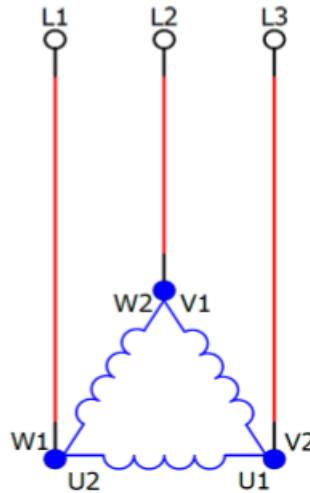


Рисунок 2 — Схема подключения «треугольник»

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.

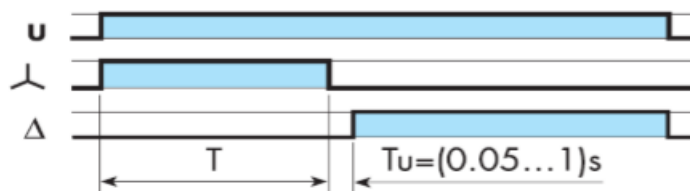


Рисунок 3 – Временная диаграмма реле времени 80.82

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.

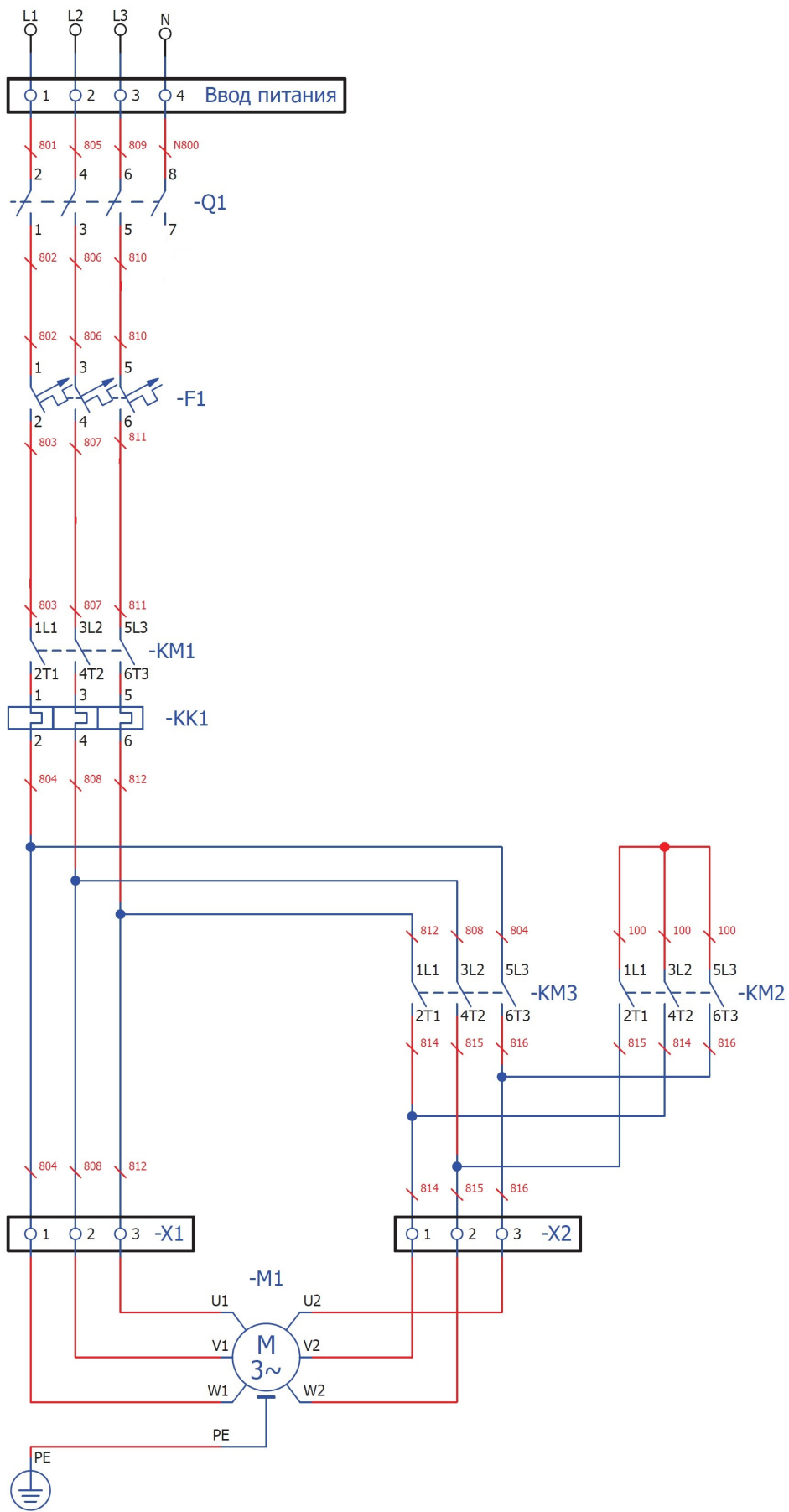


Рисунок 4 – Силовая часть схемы «звезда-треугольник»

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//