

Как известно, прямой пуск компрессоров и насосов сопровождается большими значениями пусковых токов, что может привести к недопустимым падениям напряжения. В системах кондиционирования и в холодильных установках существует необходимость производить несколько пусковых операций, которые должны выполняться в соответствии с требованиями энергоснабжающих компаний. В предлагаемой статье сравниваются наиболее общие методы уменьшения пусковых токов и новая технология плавного пуска, разработанная компанией «Данфосс».

## Пуск переключением обмоток звезда – треугольник

Несмотря на то что этот метод не самый эффективный, он получил достаточно широкое распространение и часто используется для пуска компрессоров. Суть его в том, что во время пуска производится переключение обмоток электродвигателя с соединения звездой на соединение треугольником, вследствие чего происходит уменьшение пускового тока (рис. 1). При этом пусковой момент на валу будет в 3 раза меньше, чем при прямом пуске. При использовании этого метода часто возникает необходимость установки перепускного клапана в систему управления компрессором, так как во время переключения обмоток двигатель обесточен и из-за действия инерционных сил обороты резко уменьшаются, что вызывает перепад давления на компрессоре. Пиковое значение пускового тока при пуске переключением звезда – треугольник составляет примерно 70–100% от величины пускового тока при прямом пуске. Уменьшить это значение можно также отключением перепускного клапана после переключения обмоток треугольником, что требует установки дополнительного реле времени.

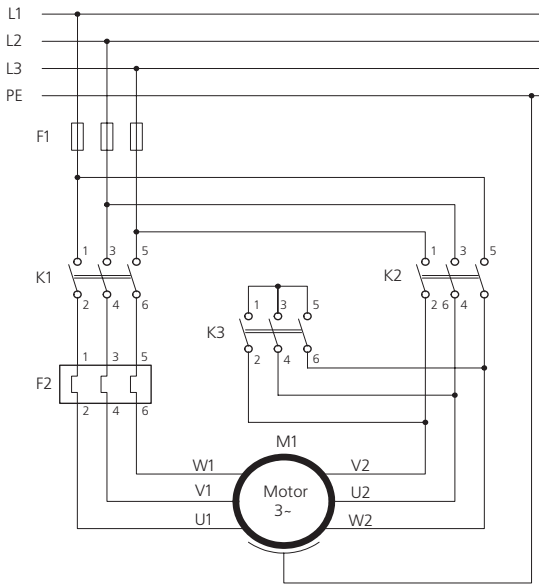


Рис. 1. Схема подключения электродвигателя по схеме звезда –треугольник

Таким образом, для пуска переключением звезда – треугольник необходимо следующее оборудование: электродвигатель с доступными обмотками, три контактора, термореле перегрузки, одно или два реле времени и при необходимости перепускной клапан. Такое количество оборудования требует значительных трудозатрат при монтаже и наладке.

## Пуск с помощью электродвигателя с разделенными обмотками

Обмотки двигателя в этом случае разделены на две части в соотношении либо 1/2 к 1/2, либо 2/3 к 1/3 (рис. 2). Вторая обмотка подключается с задержкой от 0,5 до 1 секунды. Поскольку пусковой момент на валу уменьшается за счет разделения обмоток, то почти всегда требуется применение перепускного клапана. Пиковое значение пускового тока при разделении обмоток в соотношении 2/3 к 1/3 составляет примерно 75% от величины пускового тока при прямом пуске, а при соотношении 1/2 к 1/2 – 65%, но более высокое значение пускового тока обеспечивает больший

пусковой момент на валу, позволяющий достичь номинальных оборотов двигателя. Пиковое значение пускового тока при подключении второй части обмоток никогда не превышает первого, поэтому в большинстве случаев используются двигатели с разделением обмоток в соотношении 2/3 к 1/3. Также при использовании этого метода изменение крутящего момента при подключении второй части обмоток незначительно, в отличие от схемы звезда – треугольник.

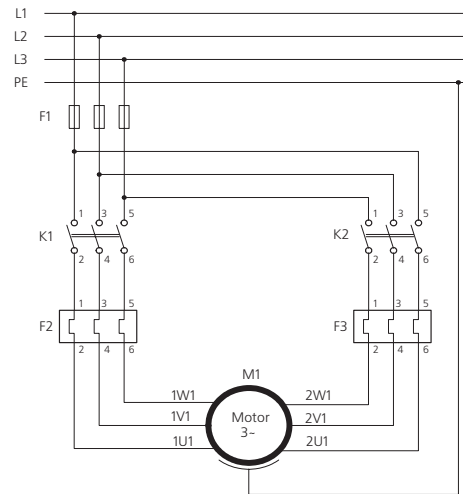


Рис. 2. Схема подключения электродвигателя с помощью разделенных обмоток

Тем не менее этот метод также требует значительного объема монтажно-наладочных работ и большого количества оборудования: два контактора, два термореле перегрузки, одно реле времени и при необходимости перепускной клапан.

## Пуск с помощью частотного преобразователя

В этом случае частота регулируется от минимального до номинального значения пропорционально напряжению. Этот метод обеспечивает величину стартового тока лишь в 1,1–2 раза выше номинального значения, и на сегодняшний день это наиболее эффективный способ уменьшения пускового тока.

Недостатками этого метода являются высокая стоимость оборудования, необходимость использования экранированных кабелей, фильтров, а также сложность настройки.

## Пуск методом регулирования угла фазы

В прошлом этот метод не получил широкого распространения, поскольку предпочтение отдавалось более простому способу пуска с использованием последовательного включения сопротивлений. Суть метода регулирования угла фазового сдвига заключается в плавном изменении напряжения от минимального значения до номинальной величины.

## Преимущества технологии плавного пуска

- быстрый и простой монтаж устройства с минимумом работ, связанных с соединением проводов;
- уменьшение нагрузки на валу при пуске для обеспечения более высокого ресурса механической части;
- пусковой ток составляет 40–50% от величины пускового тока при прямом пуске, что обеспечивает преимущество перед пуском по схеме звезда – треугольник и с использованием двигателей с разделенными обмотками;
- соответствие требованиям энергоснабжающих организаций;
- обеспечение безопасного и быстрого пуска без необходимости выравнивания давления;
- оптимальное технико-экономическое решение;
- цена сопоставима со стоимостью традиционных методов.

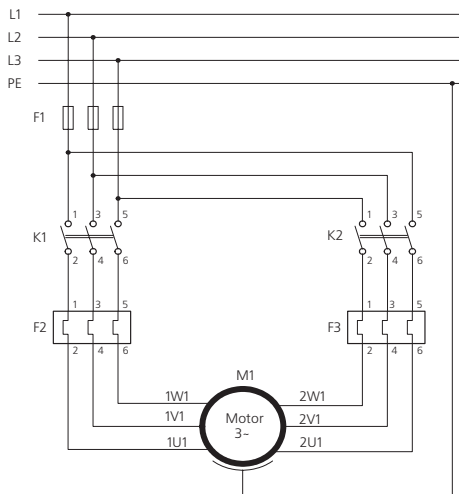


Рис. 3. Схема подключения электродвигателя с помощью устройства плавного пуска

Для реализации этого метода фирмой «Данфосс» были разработаны новые модели плавных пускателей MCI-3/15/25/25/50 с возможностью индивидуальной настройки, а также модели MCI-15/25 С, специально адаптированные для спиральных компрессоров Danfoss Performer® и поршневых Danfoss Maneurop®. Число в обозначении модели указывает на рабочий ток компрессоров или насосов, соединенных последовательно. Пускатель имеет интегрированные контакторы, электронную регулировку фазы и пусковое реле. При этом он управляется напрямую и требует только дополнительной установки автоматической защиты. Пускатели MCI рассчитаны на работу с универсальным управляющим напряжением в диапазоне 24–480 В как постоянного, так и переменного тока, что значительно упрощает процедуру выбора подходящей модели (рис. 4).

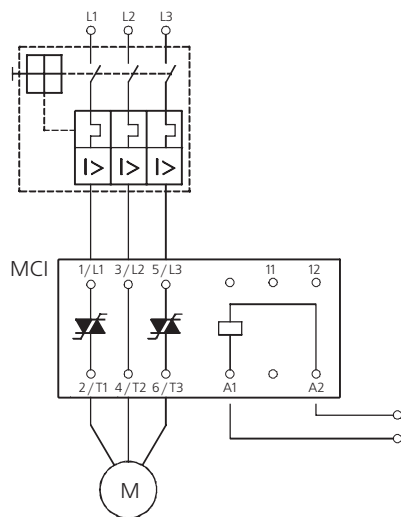


Рис. 4. Управление двигателем с помощью устройства плавного пуска MCI

В пускателях серии MCI применен специальный силовой блок, разработанный на основе новой технологии низкого тепловыделения – LTE. Изготовление силовых блоков осуществляется в условиях вакуума, что позволяет избежать образования «воздушных карманов» при пайке, которые создают участки перегрева, ухудшающие параметры тепловода и, следовательно, сокращают срок службы. Благодаря высокой теплостойкости пускатель можно использовать постоянно без отключения от сети. Все элементы MCI – система тепловода, клеммные соединения и т.д. – были специально подобраны для обеспечения оптимального режима работы, гарантирующего длительный срок службы.

Благодаря всем вышеперечисленным особенностям плавные пускатели MCI способны выдерживать восьмикратные перегрузки пускового тока в течение 3 секунд, что обеспечивает безопасное управление компрессорами холодильных установок. Предыдущие модели электронных пускателей могли выдерживать только трехкратные перегрузки. Плавные пускатели MCI полностью соответствуют требованиям IEC/EN 60947-4-2.



Пускатели серии MCI 3/15/25/25/50 с возможностью подключения байпасного контактора могут быть подобраны для использования с любым компрессором или насосом. При этом пусковой/тормозящий момент может изменяться от 0 до 85% номинального значения, а время разгона устанавливается в пределах 0–10 с. В данных пускателях также реализована функция пуска толчком.

Плавные пускатели MCI-15/25 С, разработанные специально для использования с компрессорами, имеют предварительно установленные параметры (начальный момент и время разгона), идеально подходящие для различных типов компрессоров, что позволяет обеспечить плавный пуск даже в самых тяжелых условиях работы и при этом не требуют дополнительной настройки.

Наряду с трехфазными моделями существует версия плавных пускателей TCI 25 С для управления однофазными компрессорами. В момент старта пускатель плавно увеличивает напряжение на двигателе до номинального и тем самым позволяет избежать пиков пускового тока.

Примеры подключения однофазных компрессоров с помощью TCI 25 С приведены на рис. 5 (схема 1 – без пускового конденсатора, схема 2 – с пусковым конденсатором).

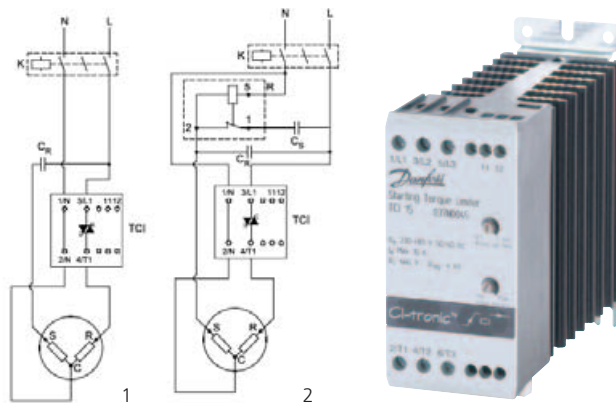


Рис. 5. Примеры подключения однофазных компрессоров. Пускатель типа TCI

### Заключение

Уменьшение пусковых токов позволяет защитить цепи от чрезмерных значений падения напряжений. Пуск по схеме звезда – треугольник, с использованием двигателей с разделенной обмоткой, включением дополнительных сопротивлений или с помощью частотных преобразователей требует выполнения большого объема монтажных работ, а в некоторых случаях – установки перепускного клапана или использования специальных электродвигателей. Новые плавные пускатели совмещают в одном устройстве контакторы, микропроцессорный контроллер фазы и независимый контур защиты от пропадания фазы. Благодаря большим возможностям по настройке параметров, продукция серии MCI может быть использована для любых типов компрессоров и насосов, а MCI С – для совместной работы с различными холодильными компрессорами.

Козлов С. И., руководитель отдела промышленной автоматики

**ЗАО «Данфосс»**  
127018, Москва,  
ул. Полковая, 13  
Тел.: (095) 792-5757  
Факс: (095) 792-5760  
E-mail: info@danfoss.ru  
Internet: www.danfoss.ru

**Филиал**  
194100, Санкт-Петербург,  
Пироговская наб., д. 17, к. 1  
Тел.: (812) 320-2099  
Факс: (812) 327-8782  
E-mail: Pavlov\_V@danfoss.ru

**Филиал**  
344006, Ростов-на-Дону,  
проспект Соколова, 29,  
офис 7  
Тел.: (8632) 92-32-95  
E-mail: Komarov@danfoss.ru

**Филиал**  
620014, Екатеринбург,  
ул. Антона Валека, 15,  
офис 509  
Тел.: (343) 365-8396  
Факс: (343) 365-8385  
E-mail: Holodov@danfoss.ru

**Филиал**  
690087, Приморский край,  
Владивосток,  
ул. Котельникова, 2  
Тел./факс: (4232) 20-45-10  
E-mail: Yuferov@danfoss.ru

**Филиал**  
630099, Новосибирск,  
ул. Советская, 37,  
офис 405  
Тел./факс: (3832) 22-58-60  
E-mail: Efimov@danfoss.ru