

Способы пуска асинхронных электродвигателей. Достоинства и недостатки

■ В помощь проектировщику

В современном производстве применяют электродвигатели самых разных видов.

Но наибольшее применение нашли асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Они относительно дешевы и требуют, как правило, небольших затрат на эксплуатацию и обслуживание.

У различных производителей пусковые параметры асинхронных электродвигателей могут существенно отличаться при одинаковой номинальной мощности. Использование систем пуска при пониженном напряжении предполагает наличие у электродвигателя высокого пускового вращающего момента при прямом включении (D.O.L). В этом случае уменьшается пусковой ток и пусковой вращающий момент. На технические характеристики оказывает влияние и число полюсов: электродвигатель с двумя полюсами зачастую имеет меньший пусковой вращающий момент, чем электродвигатели с четырьмя и более полюсами (Рис. 1а и 1б).

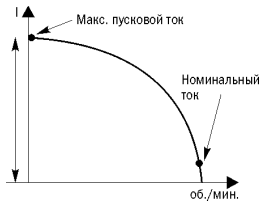


Рис. 1а. График тока для типового мотора с короткозамкнутым ротором.

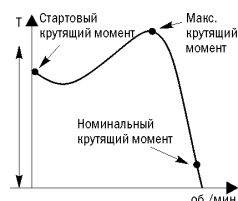


Рис. 1б. График крутящего момента для типового мотора с короткозамкнутым ротором.

тно дают мощность S (полная). Соотношение между активной мощностью (кВт) и реактивной мощностью (кВА) называется коэффициентом мощности и обозначается как $\cos\phi$. Нормальное значение этого коэффициента лежит в пределах 0,7-0,9, при этом небольшие электродвигатели имеют невысокое значение этого параметра, а мощные – высокое.

Скорость

Скорость электродвигателя переменного тока зависит от двух параметров: количество полюсов обмотки статора и частоты напряжения питания. При частоте 50 Гц, электродвигатель будет работать со скоростью равной константе 6000 об./мин., деленной на число полюсов, а при частоте 60 Гц, константа будет равна 7200 об./мин.

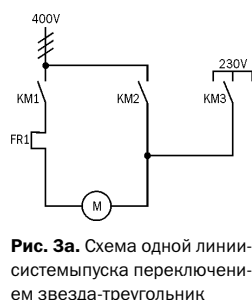
Крутящий момент

Пусковой крутящий момент мотора зависит от мощности электродвигателя. Для небольших электродвигателей мощностью до 30 кВт, он в 2,5-3 раза больше номинального крутящего момента. Для электродвигателей мощностью до 250 кВт типовое значение в 2-2,5 раза больше номинального крутящего момента. Более мощные электродвигатели имеют еще меньший пусковой крутящий момент, иногда даже меньше номинального. Такой электродвигатель невозможно пустить под нагрузкой даже путем пуска прямой подачи напряжения.

Пуск прямой подачей напряжения

Это метод один из самых распространенных способов пуска электродвигателей. Пусковое оборудование состоит из главного контактора и теплового или электронного реле перегрузки. Недостатком этого метода является самый большой пусковой ток, превышающий номинальный в 6-7, а в некоторых случаях и в 10-12 раз. Помимо пускового тока возникает импульсный ток, превышающий номинальный ток в 14 раз. Эти величины зависят от конструкции и размера электродвигателя, при этом менее мощные электродвигатели имеют большие относительные пусковой и импульсный токи. При пуске прямой подачей напряжения пусковой крутящий момент также весьма велик и в большинстве случаев больше необходимого, что приводит к износу и выходу из строя приводимого оборудования.

Пуск переключением соединения звезда-треугольник



Этот способ уменьшает пусковой ток и пусковой крутящий момент. Пусковое устройство обычно состоит из трех контакторов, реле перегрузки и таймера, задающего время нахождения в пусковом положении. Чтобы можно было использовать этот метод пуска, обмотки статора электродвигателя, соединенные треугольником, должны быть рассчитаны на работу

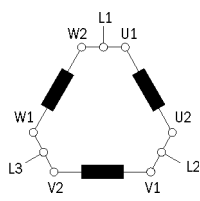


Рис. 2а. Схема соединения в клемной коробке электродвигателя треугольником

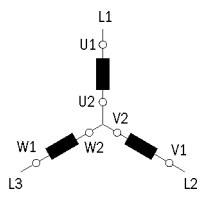


Рис. 2б. Схема соединения в клемной коробке электродвигателя звездой

Напряжение

Трехфазные односкоростные электродвигатели могут использоваться на двух напряжениях. Три фазные обмотки статора соединяются звездой (Y) или треугольником (D) (Рис. 2а и 2б).

Фазные обмотки могут включаться последовательно или параллельно, например, Y или YY. На шильдике электродвигателя с короткозамкнутым ротором указывают напряжения для соединения звездой или треугольником, то есть электродвигатель можно подключать к напряжениям 230 В или 400 В. Обмотки соединяются треугольником для 230 В, а при использовании напряжения питания 400 В используется соединение звездой. При изменении напряжения питания следует помнить, что при одинаковой номинальной мощности ток будет зависеть от величины напряжения.

Коэффициент мощности

Электродвигатель всегда потребляет активную мощность, которая преобразуется в механическую работу. Для намагничивания активной стали статора и ротора требуется реактивная мощность, которая является паразитной. На схеме активная и реактивная мощности представлены как P (активная) и Q (реактивная), которые совмес-

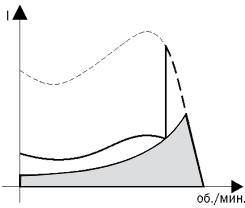


Рис. 3б. Графики крутящего момента/тока при пуске переключением звезда-треугольник

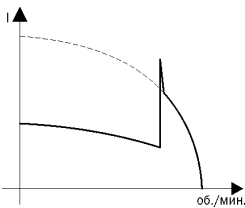


Рис. 3в. График тока при пуске переключением звезда-треугольник

в номинальном режиме. В этом случае пусковой ток составляет около 30 % от пускового тока, возникающего при пуске прямой подачи напряжения, а пусковой крутящий момент на 25 % меньше возникающего при пуске прямой подачи напряжения (Рис. 3а, 3б и 3в).

Частотные преобразователи и системы плавного пуска

Развитие элементной базы позволило создать новые классы оборудования для управления режимом электродвигателя. Были созданы частотные системы и системы плавного пуска, которые отличаются назначением и принципом работы.

Частотные преобразователи управляют режимом работы электродвигателя в течении всего периода работы, контролируя основные электрохимические параметры. Принцип работы основан на преобразовании переменного тока 50 Гц в постоянный, и далее методом высокочастотной модуляции (ЧИМ или ШИМ) преобразуется напряжение постоянного тока в переменное с регулируемой частотой (Рис. 4 а). Это позволяет управлять режимом работы электродвигателя изменением частоты на выходе привода. За счет управления частотой при пуске номинальный вращающий момент может быть достигнут на низкой скорости. Другой полезной функцией является мягкая остановка. Также данное устройство позволяет стабилизировать пользовательский параметр при изменяемых внешних характеристиках – например, давление в трубопроводе высотного дома поддерживается неизменным независимо от потребления.

В основе работы системы плавного пуска лежит принцип фазового регулирования, что позволяет при малом напряжении на электродвигателе минимизировать пусковой ток и крутящий момент (Рис. 4 б). На первом этапе запуска напряжение,

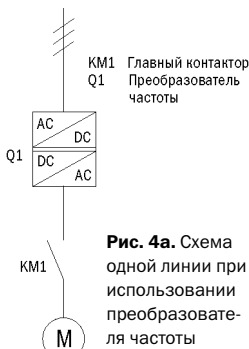


Рис. 4а. Схема одной линии при использовании преобразователя частоты



Рис. 4б. Схема одной линии при использовании системы плавного пуска

подаваемое на электродвигатель, настолько мало, что механические усилия минимальны. Постепенно напряжение и крутящий момент возрастают, и механизмы начинают разгоняться. Одним из преимуществ этого метода пуска является возможность точной регулировки крутящего момента, независимо от наличия нагрузки. Особенностью является бережное отношение к приводимому механизму. Другой функцией системы мягкой остановки является мягкая остановка.

Пуск прямой подачи напряжения

Осуществляется подачей полного напряжения без последующей коммутации. Характеризуется максимальными пуско-

выми токами и ударным воздействием на приводимые механизмы. Применяется для маломощных устройств без особых требований к оборудованию.

Пуск переключением звезда-треугольник

Обеспечивает снижение бросков пускового тока, пониженный пусковой крутящий момент, что обеспечит плавный разгон оборудования. Данный способ пуска позволяет произвести пуск оборудования в условиях ограниченного питания, когда технические характеристики питающей сети не позволяют произвести пуск прямой подачей электроэнергии

Кстати, в ассортименте продукции ТМ IEK есть автомат, позволяющий решить задачу пуска электродвигателя независимо от схемы включения. Это контакторы КМИ в оболочке. Для реализации схемы «звезда-треугольник» нужно использовать реверсивные пускатели, тепловые реле и различного рода дополнительное оборудование к ним. Для систем частотного регулирования и плавного пуска выпускается широкий ассортимент автоматических выключателей серии ВА88-XX.

Оборудование Пускового устройства на примере автоматов ТМ IEK

Пусковое устройство состоит из 2-х силовых контакторов типа КМИ или КТИ (в зависимости от мощности электродвигателя) и промежуточного контактора КМИ с пневматической приставкой ПВИ, позволяющей получать выдержку времени на время разгона электродвигателя при пуске.

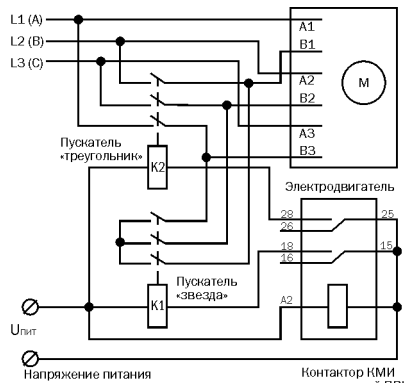


Рис. 5. Типовая схема включения Пускового устройства для управления запуском трехфазного асинхронного электродвигателя

Пуск по схеме звезда-треугольник

Пуск производится при срабатывании контактора К1 (к питающей сети подключаются обмотки электродвигателя соединенные звездой). Электродвигатель начинает разгоняться. В зависимости от типа механизма, приводимого в движение электродвигателем, и возможности питающей сети, производится регулировка выдержки времени на приставке ПВИ, установленной на промежуточном контакторе. По истечении времени происходит отключение контактора К1 и включение контактора К2, обмотки электродвигателя переключаются на соединение «треугольник», и электродвигатель достигает номинальной частоты вращения.

Схема (Рис. 5) спроектирована с учетом изготовления из стандартных комплектующих, минимизации расходов и повышения надежности конечного изделия. Законченное устройство может быть размещено в стандартной металлооболочке подходящего размера из ассортимента ТМ IEK.

Петр КИСЕЛЕВ