

УДК 621.3.077

Коновалов Юрий Васильевич,
 к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
 ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
 e-mail: yrvaskon@mail.ru
Леб Максим Сергеевич,
 обучающийся группы ЭЭ-20-1,
 ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
 e-mail: lebmaksim2@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ПЛАВНОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Konovalev Yu.V., Leb M.S.

PERSPECTIVES FOR THE USE OF SOFT START DEVICES FOR ELECTRIC MOTORS

Аннотация. Рассмотрен принцип действия и виды устройств плавного пуска, их назначение и необходимость их применения, предложены пути увеличения срока эксплуатации асинхронных двигателей.

Ключевые слова: устройство плавного пуска, асинхронный двигатель, пусковой ток, софтстартер.

Abstract. The principle of operation and types of soft starters, their purpose and necessity are considered, ways to increase the service life of asynchronous motors are proposed.

Keywords: soft starter, asynchronous motor, starting current, soft starter.e, electric power industry, heat power engineering, tariffs, energy companies, energy consumers.

Устройство плавного пуска (УПП) – это электротехническое устройство, используемое в асинхронных электродвигателях, которое позволяет во время запуска удерживать параметры двигателя (тока, напряжения и т.д.) в безопасных пределах. Его применение уменьшает пусковые токи, снижает вероятность перегрева двигателя, устраняет рывки в механических приводах, что, в конечном итоге, повышает срок службы электродвигателя.

Назначение устройства плавного пуска – это управление процессом запуска, работы и остановки электродвигателей. Основными проблемами асинхронных электродвигателей являются:

- невозможность согласования крутящего момента двигателя с моментом нагрузки;
- высокий пусковой ток.

Во время пуска крутящий момент за доли секунды часто достигает 150-200%, что может привести к выходу из строя кинематической цепи привода. При этом стартовый ток может быть в 6-8 раз больше номинального, порождая проблемы со стабильностью питания. Устройства плавного пуска позволяют избежать этих проблем, делая разгон и торможение двигателя более медленными. Это позволяет снизить пусковые токи и из-

бежать рывков в механической части привода или гидравлических ударов в трубах и движках в момент пуска и остановки двигателей.

Основной проблемой асинхронных электродвигателей является то, что момент силы, развиваемый электродвигателем, пропорционален квадрату приложенного к нему напряжения, что создает резкие рывки ротора при пуске и остановке двигателя, которые, в свою очередь, вызывают большой индукционный ток.

Устройства плавного пуска или софт-стартеры могут быть как механическими, так и электрическими, либо сочетать то и другое.

Механические устройства непосредственно противодействуют резкому нарастанию оборотов двигателя, ограничивая крутящий момент. Они могут представлять собой тормозные колодки, жидкостные муфты, магнитные блокираторы, противовесы с дробью и прочее.

Электрические устройства позволяют постепенно повышать ток или напряжение от начального пониженного уровня (опорного напряжения) до максимального, чтобы плавно запустить и разогнать электродвигатель до его номинальных оборотов. Такие УПП обычно используют амплитудные методы управления и поэтому справляются с запус-

ком оборудования в холостом или слабо нагруженном режиме. Более современное поколение УПП (например, устройства ЭнерджиСейвер) используют фазовые методы управления и потому способны запускать электроприводы, характеризующиеся тяжелыми пусковыми режимами "номинал в номинал". Такие УПП позволяют производить запуски чаще и имеют встроенный режим энергосбережения и коррекции коэффициента мощности.

При включении асинхронного двигателя в его роторе на короткое время возникает ток короткого замыкания, сила которого после набора оборотов снижается до номинального значения, соответствующего потребляемой электрической машиной мощности. Это явление усугубляется тем, что в момент разгона скачкообразно растет и крутящий момент на валу. В результате может произойти срабатывание защитных автоматических выключателей, а если они не установлены, то и выход из строя других электротехнических устройств, подключенных к той же линии. И в любом случае, даже если аварии не произошло, при пуске электродвигателей отмечается повышенный расход электроэнергии. Для компенсации или полного устранения этого явления и используются устройства плавного пуска.

Чтобы плавно запустить электродвигатель и не допустить броска тока, используются два способа:

1. Ограничивают ток в обмотке ротора. Для этого ее делают состоящей из трех катушек, соединенных по схеме «звезда». Их свободные концы выводят на контактные кольца (коллекторы), закрепленные на хвостовике вала. К коллектору подключают реостат, сопротивление которого в момент пуска максимальное. По мере его снижения ток ротора растет и двигатель раскручивается. Такие машины называются двигателями с фазным ротором. Они используются в крановом оборудовании и в качестве тяговых электродвигателей троллейбусов, трамваев.

2. Уменьшают напряжение и токи, подаваемые на статор. В свою очередь, это реализуется с помощью:

- а) автотрансформатора или реостата;
- б) ключевыми схемами на базе тиристорных или симисторных.

Принцип работы ключевой схемы основывается на том, что тиристоры отпираются на определенное время в момент прохож-

дения синусоидой ноля. Обычно в той части фазы, когда напряжение растет. Реже – при его падении. В результате на выходе УПП регистрируется пульсирующее напряжение, форма которого лишь приблизительно похожа на синусоиду. Амплитуда этой кривой растет по мере того, как увеличивается временной интервал, когда тиристор открыт.

По степени снижения степени важности критерии выбора устройства располагаются в следующей последовательности:

- Мощность.
- Количество управляемых фаз.
- Обратная связь.
- Функциональность.
- Способ управления.
- Дополнительные возможности.

Главным параметром УПП является величина номинального тока ($I_{ном}$) – сила тока, на которую рассчитаны тиристоры. Она должна быть в несколько раз больше значения силы тока, проходящего через обмотку двигателя, вышедшего на номинальные обороты. Кратность зависит от тяжести пуска. Если он легкий – металлорежущие станки, вентиляторы, насосы, то пусковой ток в три раза выше номинального. Тяжелый пуск характерен для приводов, имеющих значительный момент инерции. Таковы, например, вертикальные конвейеры, пилорамы, прессы, где пусковой ток выше номинального в пять раз. Существует и особо тяжелый пуск, который сопровождает работу поршневых насосов, центрифуг, ленточных пил. Тогда $I_{ном}$ софтстартера должен быть в 8-10 раз больше.

Тяжесть пуска влияет и на время его завершения. Он может длиться от десяти до сорока секунд. За это время тиристоры сильно нагреваются, поскольку рассеивают часть электрической мощности. Для повторения им надо остыть, а на это уходит столько же, сколько на рабочий цикл. Поэтому если технологический процесс требует частого включения-выключения, то софтстартер выбирается как для тяжелого пуска.

При пуске можно управлять одной, двумя или тремя фазами. В первом случае устройство в большей степени смягчает рост пускового момента, чем тока. Чаще всего используются двухфазные пускатели. А для случаев тяжелого и особо тяжелого пуска – трехфазные.

УПП может работать по заданной программе – увеличить напряжение до номинала за указанное время. Это наиболее простое и

распространенное решение. Использование обратной связи делает процесс управления более гибким. Параметрами для нее служат сравнение напряжения и вращающего момента или фазный сдвиг между токами ротора и статора.

УПП повышают функциональность электроприводов представляя возможность работать на разгон или торможение. Наличие дополнительного контактора, который шунтирует ключевую схему и позволяет ей остыть, а также ликвидирует несимметричность фаз из-за нарушения формы синусоиды, которая приводит к перегреву обмоток.

Способ управления УПП бывает аналоговым, посредством использования потенциометров, и цифровым, с применением цифрового микроконтроллера.

К дополнительным функциям УПП относятся все виды защиты, режим экономии электроэнергии, возможность пуска с рывка, работы на пониженной скорости (псевдочастотное регулирование).

Правильно подобранный УПП увеличивает вдвое рабочий ресурс электродвигателей и экономит до 30 % электроэнергии.

Главной целью использования УПП – это ограничение пускового тока. Его возникновение объясняется принципом действия асинхронных двигателей, основанном на явлении электромагнитной индукции. Нарастание обратной электродвижущей силы, которая создается путем применения изменяющегося магнитного поля во время запуска двигателя, приводит к переходным процессам в электрической системе. Этот переходной режим может повлиять на систему электропитания и другое оборудование, подключенное к нему.

Во время запуска электродвигатель разгоняется до полной скорости. Продолжительность начальных переходных процессов зависит от конструкции агрегата и характе-

ристик нагрузки. Пусковой момент должен быть наибольшим, а пусковые токи – наименьшими. Последние влекут за собой пагубные последствия для самого агрегата, системы электроснабжения и оборудования, подключенного к нему.

В течение начального периода пусковой ток может достигать пяти-восьмикратного тока полной нагрузки. Во время пуска электродвигателя кабели вынуждены пропускать больше тока, чем во время периода стабильного состояния. Падение напряжения в системе также будет намного больше при пуске, чем во время стабильной работы – это становится особенно очевидным при запуске мощного агрегата или большого числа электродвигателей одновременно.

В последнее время были достигнуты значительные успехи в использовании электроники в регулировании режимов работы двигателей. Все чаще при запуске электроприводов насосов, вентиляторов применяются устройства плавного пуска.

Перспективностью использования УПП является то, что оно плавно подает на обмотки двигателя напряжение от нуля до номинального значения, позволяя двигателю плавно разогнаться до максимальной скорости.

В процессе пуска УПП постепенно увеличивает подаваемое напряжение, и электродвигатель разгоняется до номинальной скорости вращения без большого момента и пиковых скачков тока.

Благодаря относительно невысокой цене популярность софтстартеров растет на современном рынке промышленной и бытовой техники. УПП для асинхронного электродвигателя необходимо для продления его срока службы. Большим преимуществом софтстартера является то, что пуск осуществляется с плавным ускорением и без рывков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко А.А., Темлякова З.С., Гречкин В.В. Автоматизация расчета самозапуска двухскоростных асинхронных машин на основе применения языка программирования JavaScript // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: труды 7 Всероссийской научно-практической конференции, Новокузнецк,

23–24 ноября 2016 г. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2016. – С. 219–221.

2. Архипцев Ю.Ф., Котеленев Н.Ф. Асинхронные электродвигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 104 с.

3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для вузов / под ред. Н.М. Капустина. М.: Выш.