

## ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОФАЗНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ ТИПА "МЭО"

**Квасница А.В., студент; Добровольская Л.А., доц., к.т.н.**

*(ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г.Маруполь, Украина)*

Уже давно в производстве используются механические регулирующие элементы (например, заслонки), приводимые в движение механизмами электрическими однооборотными (МЭО). Это связано с простотой обслуживания, надежностью работы данных механизмов и нежеланием большинства владельцев производства вкладывать средства в модернизацию производства.

Однофазный МЭО (далее просто МЭО), при всех его достоинствах, обладает и рядом недостатков: работа в импульсном режиме (есть только два состояния: остановки и рабочего хода), необходимость постоянства нагрузки на валу (из-за использования фазосдвигающего конденсатора). Главный минус импульсного режима работы заключается в том, что при запуске электродвигателя у последнего занижен пусковой момент вследствие превышения пусковым током номинального и изменения сдвига фаз. В некоторых схемах для пуска асинхронного электродвигателя применяют подключение дополнительного (пускового) конденсатора на время пуска для сохранения сдвига фаз при увеличении тока через статор. Второй недостаток импульсного режима - из-за резкого старта двигателя происходит ударное воздействие на механическую часть регулирующего органа, что неблагоприятно сказывается на его надежности и, как следствие, сроке эксплуатации. В настоящее время для снижения пагубности ударного воздействия на механизм в управляющих контроллерах применяют ограничение управляющего воздействия по минимуму, т.е. для снижения частоты пусков МЭО выбирается (принимается) минимальное изменение управляющего сигнала, при котором происходит включение МЭО. При этом в контроллере происходит "накопление" управляющего воздействия и при достижении выбранного минимума происходит его отработка.

Устранить оба недостатка МЭО без внесения изменений в механическую часть контура регулирования можно осуществить путем замены ПБР (пускателя бесконтактного реверсивного) частотным преобразователем. При этом также можно произвести замену импульсного (дискретного) управления непрерывным (стандартным токовым сигналом), если это осуществимо без значительных затрат на переделку/перенастройку регулятора (контроллера).

**Особенности частотного управления.** Принцип частотного метода регулирования скорости АД заключается в том, что, изменяя частоту  $f_1$  питающего напряжения, можно в соответствии с выражением (1) при неизменном числе пар полюсов  $p$  изменять угловую скорость магнитного поля статора.

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (1)$$

Этот способ обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жесткостью. Регулирование скорости при этом не сопровождается увеличением скольжения АД, поэтому потери мощности при регулировании невелики.

Помимо регулирования частоты питающего напряжения необходимо также регулировать и его амплитуду, чтобы снизить потери мощности и не допустить перегрева АД. При постоянстве момента на валу во всем диапазоне оборотов (а это применимо к упомянутому регулирующему органу) напряжение должно иметь амплитуду в соответствии с выражением (2), где *const* определяется из номинального режима работы АД.

$$U_1 = \frac{f_1}{const} \quad (2)$$

АД малой мощности (как в МЭО), по сравнению с АД большой мощности имеют ощутимую потерю мощности в активном сопротивлении обмоток статора. Это необходимо учитывать при определении амплитуды питающего напряжения МЭО. Определяется данная потеря по закону Ома и, в соответствии с изложенным, выражение (2) примет вид (3), где  $r$  - активное сопротивление обмотки статора (каждой из двух фаз), а  $I_0$  - ток фазы в номинальном режиме работы АД.

$$U_1 = \frac{f_1}{const} + I_0 r \quad (3)$$

Однофазный МЭО по сути является двухфазным. Вторая фаза получается за счет фазосдвигающего конденсатора в конструкции (схеме) механизма. С учетом всех требований можно получить формулы для определения мгновенного напряжения фаз в зависимости от частоты (4, 5).

$$U_{1\phi 1}(f_1, t) = \frac{f_1}{const} \cos(2\pi f_1 t) + I_0 r \quad (4)$$

$$U_{1\phi 2}(f_1, t) = \frac{f_1}{const} \sin(2\pi f_1 t) + I_0 r \quad (5)$$

**Выбор функциональной схемы преобразователя.** В качестве преобразователей "напряжение - частота", обеспечивающих условие (2), в последнее время применяются два типа схем. Оба типа состоят из сетевого выпрямителя, промежуточного контура постоянного тока и преобразователя постоянного тока в переменный (инвертора), рисунок 1.

На рисунке 1, *а* показан преобразователь, получивший наименование U-преобразователя с изменяемым напряжением в промежуточном контуре. В этой схеме напряжение сети сначала преобразуется в постоянное, а затем в следующем звене оно превращается в напряжение постоянного тока изменяемой величины. Конденсатор в промежуточном контуре служит энергонакопителем. Инвертор распределяет напряжение постоянного тока в форме блоков на фазы двигателя. Напряжение и частота вращения устанавливаются отдельно. Примененный в схеме конденсатор замедляет изменение напряжения, что отрицательно влияет на динамику привода.

На рисунке 2, *б* показана схема U-преобразователя с жестко установленным напряжением в промежуточном контуре. В этой схеме U-преобразователь с широтно-импульсной модуляцией регулирует и частоту и амплитуду питающего напряжения. Величина напряжения регулируется соотношением ширины импульса и паузы (рисунок 2).

Схема, изображенная на рисунке 2, *б* более универсальная и простая в реализации, учитывая то, что управляться ключи будут микроконтроллером.

**Дополнительные возможности.** МЭО в своем составе имеет датчик положения вала, которое прямолинейно или по некоторой зависимости соответствует реальному положению рабочего органа (а по сути и регулируемой величине). Поэтому в преобразователь можно заложить функцию вывода реального значения регулируемой величины. Полный рабочий ход МЭО почти никогда не используется и это можно учесть при формировании сигнала о реальном значении регулируемой величины.

Пусть направление изменения регулируемой величины соответствует изменению сигнала датчика МЭО и выходной сигнал изменяется в пределах 4-20 мА. Тогда значение сигнала в произвольный момент времени будет определяться (6), где  $D_r$  - текущее значение сигнала датчика,  $D_n$  - значение сигнала датчика при срабатывании начального (нижнего) конечника МЭО,  $D_k$  - значение сигнала датчика при срабатывании конечного (верхнего) конечника МЭО.

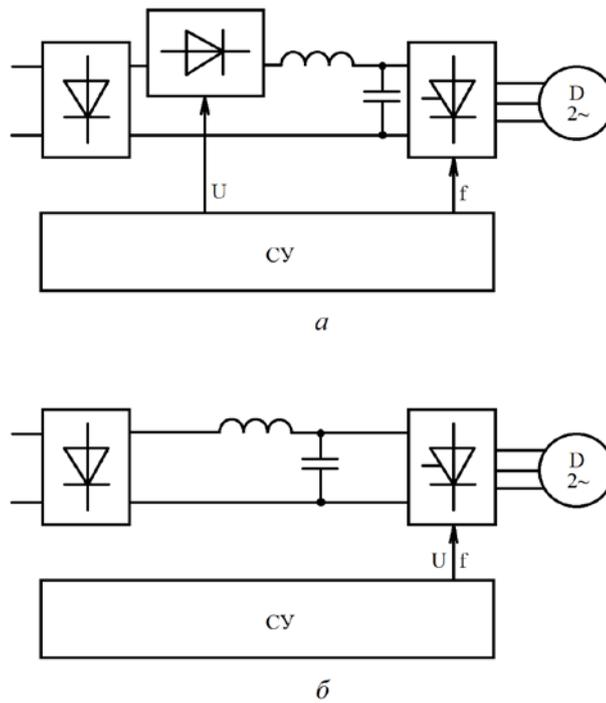


Рисунок 1 – Варианты функциональных схем с частотными преобразователями  
*а* - преобразователь *U* с регулируемым напряжением промежуточного контура; *б* - преобразователь *U* с нерегулируемым напряжением промежуточного контура; СУ - система управления; D - двухфазный электродвигатель

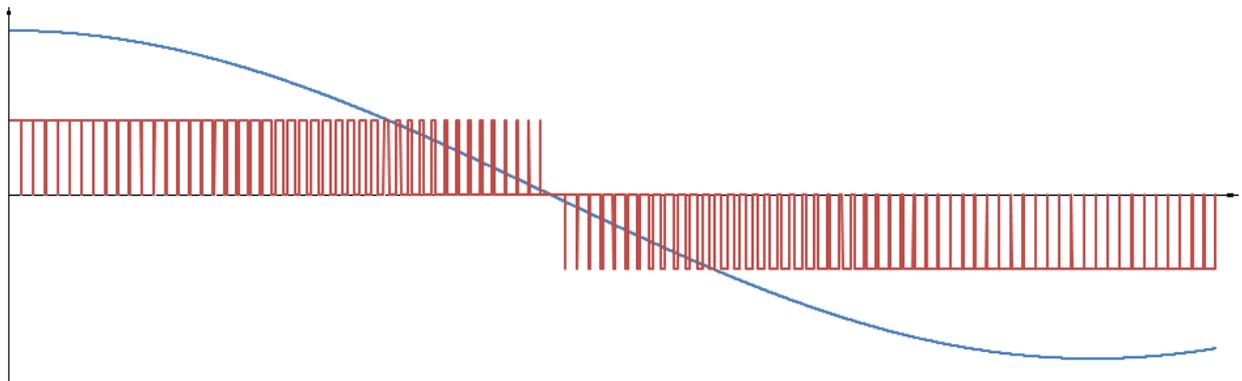


Рисунок 2 – Графики напряжения и длительности импульсов на выходе преобразователя

$$I = \frac{D_m - D_n}{D_k - D_n} \times 16 + 4 \quad (6)$$

Поскольку в данном выражении все величины возможно получить от датчика (крайние значения снимаются при срабатывании концевиков), то на преобразователе можно реализовать функцию автонастройки: как получения точной зависимости (6), так и выставления пределов с целью дальнейшего использования.

Реализация функции "формирования выходного сигнала" позволяет использовать в качестве управляющего непрерывный сигнал (вместо импульсного управления). В этом случае комплекс "частотный преобразователь - МЭО" предстает уже в виде замкнутой следящей системы.

В случае применения не простого сетевого выпрямителя, а с корректором коэффициента мощности, можно устранить влияние перепадов напряжения сети на режим работы МЭО.