

УДК 62-83

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДХБК

Хоменко В.Н., Топчий В.А., студенты; Борисенко В.Ф., проф., к. т. н.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В большинстве современных производственных предприятий, в отдельных цехах, требуется четкое поддержание таких параметров окружающей среды, как влажность и температура, скорость потока воздуха в помещении на определенном уровне. Этот уровень ограничивается границами, заданными либо требованиями технологического процесса, либо санитарными нормами. Система автоматизированного управления поддерживает параметры на требуемом уровне.

Хорошим примером для исследований в данном направлении является ДХБК (Донецкий хлопчатобумажный комбинат).

Для нормального протекания технологического процесса в прядильных цехах необходимо поддерживать высокую относительную влажность воздуха (не ниже 75%). Несоблюдение этого условия в дальнейшем может вызвать обрыв нити и остановку прядильного станка. Температура воздуха в зимний период должна поддерживаться в пределах $22^{\circ}\div 24^{\circ}\text{C}$; в летний период температура не должна превышать температуру, предусмотренную санитарными нормами. Забор и выброс воздуха производится соответственно через заборные и выбросные шахты.

Поддержание необходимых температуры и влажности воздуха в производственных помещениях осуществляется с помощью промышленных кондиционеров. Поскольку промышленный кондиционер должен осуществлять нагнетание воздуха в цех, его вытяжку и увлажнение, то он имеет три двигателя: двигатель приточки, двигатель вытяжки и двигатель насоса.

Установлено, что загрузка двигателей промышленных кондиционеров колеблется в пределах $0.4\div 0.7$ от номинальной летом и $0.1\div 0.4$ от номинальной загрузки зимой, что приводит к значительному снижению КПД и коэффициента мощности АД.

Недогрузка двигателей ведет к ухудшению эксплуатационных показателей привода. Желательно поэтому применять такой способ регулирования, при котором двигатель был бы по возможности полностью загружен при всех угловых скоростях.

Допустимая нагрузка двигателя ограничивается степенью его нагрева. Степень нагрева в свою очередь зависит от потерь энергии в двигателе, а последние определяются главным образом током, потребляемым двигателем.

Представляет интерес алгоритм регулирования напряжения двигателя для обеспечения высоких энергетических показателей при изменении нагрузки двигателя.

Если двигатель недогружен, угол отставания тока двигателя от напряжения велик. Следовательно, и модуль тока, потребляемого двигателем, тоже велик. При номинальной нагрузке угол мал и примерно равен 30° ($\cos \varphi_H \approx 0.87$). Уменьшая величину напряжения, питающего двигатель, мы можем добиться номинального угла отставания, то есть $\cos \varphi_H$. Это показано в следующих выкладках:

$$\cos \varphi = \frac{I_{1a}}{I_1} = \frac{I_{1a}}{\sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}} = \frac{I_o \cos \varphi_0 + I_2' \cos \varphi'}{\sqrt{(I_o \cos \varphi_0 + I_2' \cos \varphi')^2 + (I_o \sin \varphi_0 + I_2' \sin \varphi')^2}}, \quad (1)$$

где I_{1a} , I_{1p} - активная и реактивная составляющая тока статора;

I_1 - модуль тока статора;

I_o - ток холостого хода;

I_2' - приведенный ток ротора;

φ' , φ_0 - фазы приведенного тока ротора и тока холостого хода по отношению к напряжению сети.

Относительное значение максимального момента:

$$M_{\max*} = \frac{M_{\max}}{M_H} = \frac{s_H / s_{кр} + s_{кр} / s_H}{2},$$

где M_{\max} - максимальный момент на валу АД;

M_H - номинальный момент на валу АД;

s_H - номинальное скольжение;

$s_{кр}$ - критическое скольжение.

Пренебрегая потерями холостого хода ($\sin \varphi_0 = 1$, т.е. не учитывая ветвь намагничивания в схеме замещения рис. 1), полученное значение

тока $I_2' = I_1 = U_1 / \sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2}$ подставляем в формулу (1) и получаем следующее выражение:

$$\cos \varphi = \frac{I_{2H}' \cdot M_{c*} / K_u}{\sqrt{(I_{oH} K_u + (I_{2H}' M_{c*}^2) / (2M_{\max} K_u^3))^2 + (I_{2H}' M_{c*} / K_u)^2}}, \quad (2)$$

где $M_{c*} = M_c / M_H$ - коэффициент загрузки;

M_c - момент сопротивления на валу АД;

$K_u = U_1 / U_H$ - коэффициент регулирования напряжения;
 I_{oH} , I'_{2H} - токи при номинальном режиме (без регулирования напряжения).

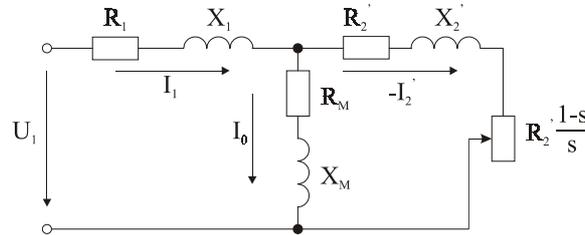


Рисунок 1 – Т-образная схема замещения АД

Минимум тока статора при изменении нагрузки найдем, приравняв первую по K_u производную следующего выражения нулю:

$$I_1 = \sqrt{\left(I_{oH} K_u + \frac{I'_{2H} M_{c*}^2}{2M_{\max*} K_u^3}\right)^2 + I_{2H}'^2 \frac{M_{c*}^2}{K_u^2}};$$

$$\frac{\partial I_1}{\partial K_u} = 0.$$

Откуда вытекает:

$$K_u = \sqrt{M_{c*}} \cdot \sqrt[4]{\frac{(I_{oH} I'_{2H} + I_{2H}'^2 M_{\max*}^2) + \sqrt{(I_{oH} I'_{2H} M_{\max*} + I_{2H}'^2 M_{\max*}^2) + 3I_{oH}^2 I_{2H}'^2 M_{\max*}^2}}{2I_{oH}^2 M_{\max*}^2}}. \quad (3)$$

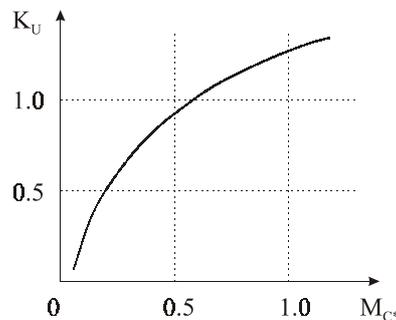


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента регулирования напряжения от нагрузки при регулировании напряжения для достижения $I_1 = I_{1\min}$

При работе двигателя с нагрузкой меньше номинальной при регулировании напряжения вниз от номинального:

- частота вращения заметно не уменьшается;
- снижаются потери в статоре пропорционально квадрату напряжения;
- уменьшается намагничивающий ток;
- снижаются потери в меди пропорционально квадрату тока статора.

Кроме регулирования величины напряжения, питающего двигатель, можно предложить регулирование частоты питающего напряжения.

Частотное регулирование угловой скорости является экономичным, так как управление двигателем производится при малых скольжениях.

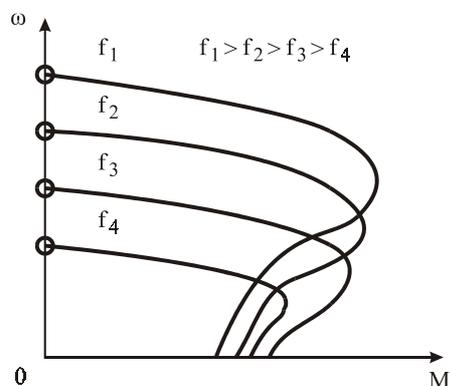


Рисунок 3 – Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном управлении по закону $U/f = \text{const}$

Кроме того, в замкнутых системах можно управлять двигателем, достигая минимума потерь в нём или минимума потребляемого двигателем тока или экстремума других электрических показателей, так как имеется возможность регулирования напряжения в функции нагрузки.

Преимуществом частотного регулирования является возможность реализации высоких регулировочных свойств асинхронного привода, которые в замкнутых системах регулирования сродни регулировочным свойствам привода постоянного тока.

Поддержание температурно-влажностного режима в условиях прядильного цеха существенно повышает “технологичность” процесса, но не снимает такого вопроса, как обрывность нити.

С целью повышения прочностных свойств нити было предложено её обработать с помощью поверхностно-активных веществ (ПАВ). Работы, которые были проведены совместно ДПИ и ДХБК, показали, что в результате смачивания нити ПАВом её прочностные свойства возросли на 30÷40%. Отсюда вытекает вывод о повышении сортности ткани и сокращении простоев.

Для реализации данного способа обработки нити предлагается следующее устройство – рис. 4.

Основной принцип работы устройства заключается в создании туманообразного облачка, через которое проходят обрабатываемые нити. Время обработки и концентрация ПАВа подобраны таким образом, что за время движения нити в облаке она смачивается и обволакивается молекулами вещества ПАВ, обретая большую прочность на разрыв.

Энерго-экономические вопросы должны решаться при совместном рассмотрении возможностей современных систем электропривода и обработки нити ПАВом.

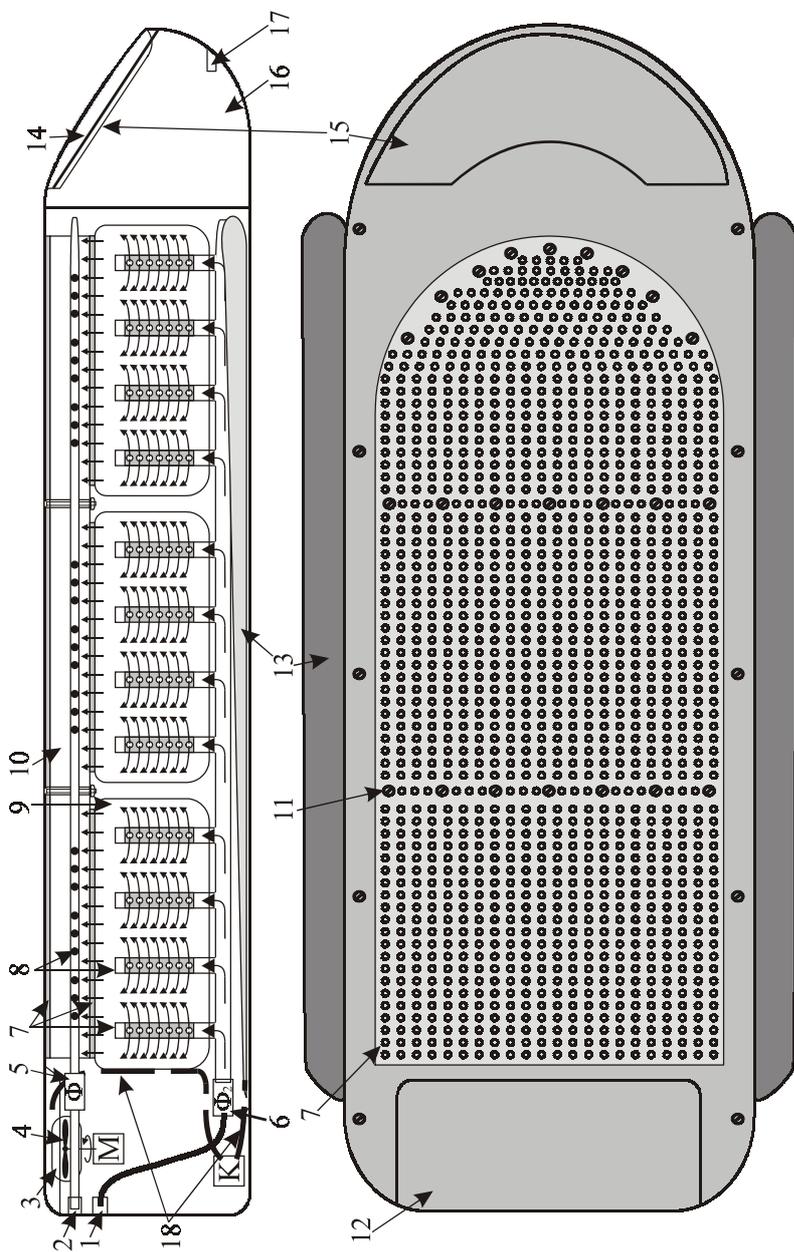


Рисунок 4 - Устройство для обработки нити ПАВом

1 - трубка для подачи воздуха; 2 - трубка для подачи воды; 3 - камера образования ПАВа; 4 - лопасти смешивающего механизма; 5 - водяной фильтр; 6 - воздушный фильтр; 7 - распыляющая сетка; 8 - трубки с распыляющей сеткой (нижняя - для раствора ПАВа); 9 - камера сжатого воздуха; 10 - смешивающая камера; 11 - крепежный болт; 12 - задняя крышка; 13 - вход для управления; 14 - панель управления; 15 - защитное стекло; 16 - камера схемы управления; 17 - вход для управления от другого задатчика; 18 - компрессор возврата ПАВа в камеру образования ПАВа.