

Выводы. Хмелесушилки с СВЧ энергоподводом в резонаторы предназначены для функционирования в условиях хмелеводческих хозяйств и обеспечения трехэтапной сушки и обеззараживания хмеля в непрерывном режиме при соблюдении электромагнитной безопасности. Металлодиэлектрические резонаторы с криволинейной поверхностью, керамическими элементами и замедляющими системами обеспечивают электромагнитную безопасность без дополнительного экранирующего корпуса хмелесушилки. Применение транспортирующих средств в объемных резонаторах позволяет существенно повысить производительность хмелесушилок, снизить неравномерность нагрева сырья по толщине и исключить электрические пробой при его высокой влажности, если магнетроны с волноводами расположены на образующих резонаторов со сдвигом на 120 градусов.

Список использованной литературы

1. Belova, M.V., Mikhailova, O.V., Novikova, G.V. Development of microwave devices with toroidal resonators for treatment of raw materials // Journal of Environmental Treatment Techniques, 2019, 7, pp. 1215–1223.

2. Prosviryakova, M.V., Storchevov, V.F., Goryacheva, N.G., Novikova, G.V., Continuous-flow hop dryer with endogenous convection heat producers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2022, 1052(1), 012141.

3. Prosviryakova M.V., Ziganshin B.G., Shogenov Yu.Kh., Mikhailova O.V. Modular microwave installation for heat treatment of raw materials of agricultural enterprises. БИО Веб-сайт конференций. Том 52 (2022). (FIES 2022). Казань, Россия, 26–28 мая 2022.

**Прищепов М.А., д.т.н., доцент, Прищепова Е.М., к.т.н.,
Зеленькевич А.И., к.т.н., Петрович В.Л.
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь
ДИАПАЗОН ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ
ПРИ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ НАГРУЗКЕ**

Для определения диапазона регулирования скорости вентилятора необходимо провести расчет и построение естественных и искусственных механических характеристик АД, а затем наложить на

полученные характеристики АД механическую характеристику вентилятора.

Расчет и построение механических характеристик АД проводится, как правило, по известным методикам, опубликованным в широко используемых источниках литературы [1...4], при постоянных параметрах схемы замещения (СЗ).

Тогда основная координата силового асинхронного электропривода (ЭП), полученная из СЗ АД – электромагнитный момент

$$M = \frac{mU_1^2 r_2'}{\omega_0 s \left(\left(r_1 + \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right)}; \quad (1)$$

где m – число фаз обмоток статора АД; ω_0 – синхронная угловая скорость магнитного поля статора АД, рад/с; U_1 – фазное напряжение питания обмоток статора АД, В; r_1, x_1 – активное и индуктивное сопротивления обмотки статора АД, Ом; r_2', x_2' – активное и индуктивное сопротивления обмотки ротора АД, приведенные к обмотке статора АД, Ом; $s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$ – скольжение ротора АД, о.е.;

ω – угловая скорость ротора АД, рад/с.

Для того, чтобы определить диапазон регулирования скорости АД необходимо найти коэффициенты жесткости механических характеристик АД β_d и вентилятора β_c . Критерием статической устойчивости работы ЭП является выполнение неравенства (критерия)

$$\beta_d - \beta_c < 0, \quad (2)$$

где $\beta_d = \frac{dM}{d\omega}$, а $\beta_c = \frac{dM_c}{d\omega}$.

Жесткость механической характеристики вентилятора $\omega=f(M_c)$ можно найти аналитически

$$\beta_c = \frac{dM_c}{d\omega} = \frac{d(M_0 + a_c \omega^x)}{d\omega} = x a_c \omega, \quad (3)$$

где M_0 – момент сил трения вентилятора, Н·м; a_c – коэффициент, Н·м·с/рад; $x=2$ – показатель степени для вентиляторов.

Как следует из выражения (3), жесткость механической характеристики вентилятора линейно увеличивается с ростом его скорости.

Для определения жесткости механической характеристики АД в выражение (1) преобразуем к следующему виду, предварительно выразив скольжение s через угловые скорости магнитного поля ω_0 и ротора ω :

$$M = \frac{mU_1^2 r_2'}{(\omega_0 - \omega) \left(\left(r_1 + r_2' \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right)}. \quad (4)$$

Далее продифференцируем $dM/d\omega$, предварительно обозначив числитель выражения (4) буквой U , а знаменатель – буквой V и используя при этом общеизвестные формулы производных частного и произведения

$$\left(\frac{U}{V} \right)' = \frac{U'V - UV'}{V^2}; \quad (5)$$

$$(UV)' = U'V + UV'. \quad (6)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{dM}{d\omega} &= \left(0 \cdot V - mU_1^2 r_2' \left(- \left(\left(r_1 + r_2' \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right) \right) + \right. \\ &+ (\omega_0 - \omega) \left(2 \left(r_1 + r_2' \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right) \cdot \left(\frac{0 \cdot (\omega_0 - \omega) - r_2' \omega_0 (-1)}{(\omega_0 - \omega)^2} \right) \right) \left. \right) / \\ &\left((\omega_0 - \omega)^2 \left(\left(r_1 + r_2' \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right) \right)^2 = \dots \quad (7) \\ &= -mU_1^2 r_2' \left(\left(\frac{r_2' \omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)^2 - r_1^2 - (x_1 + x_2')^2 \right) / \\ &\left((\omega_0 - \omega)^2 \cdot \left(\left(r_1 + r_2' \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right) \right). \end{aligned}$$

В полученном выражении (7) подставив вместо $\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = s$

окончательно получим выражение $\frac{dM}{d\omega} = \beta_d$.

$$\beta_d = \frac{dM}{d\omega} = \frac{-mU_1^2 r_2' \left(\left(\frac{r_2'}{s} \right)^2 - r_1^2 - (x_1 + x_2')^2 \right)}{(\omega_0 s)^2 \left(\left(r_1 + \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right)^2}. \quad (8)$$

Далее строим графики жесткости механической характеристики вентилятора по выражениям (3) и (8) (рисунок 1). После построения указанных графиков строится график разности коэффициентов жесткости $\beta_d(s) - \beta_c(\omega)$. Точка перехода графика разности коэффициентов жесткости $\beta_d(s) - \beta_c(\omega)$ в отрицательную область значений и будет определять минимальную угловую скорость диапазона регулирования вентилятора ω_{\min} (рисунок 1). Следовательно, возможный диапазон регулирования вентилятора будет находиться от минимальной угловой скорости ω_{\min} до номинальной ω_n .

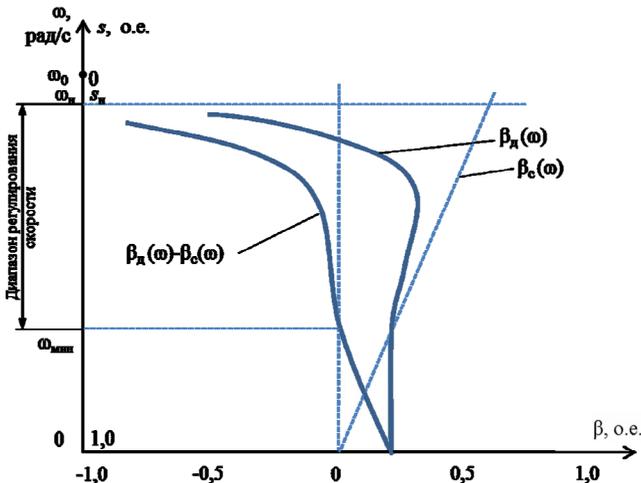


Рисунок 1 – Зависимости коэффициентов жесткости механических характеристик АД β_d и вентилятора β_c при регулировании угловой скорости ω изменением напряжения обмоток статора

Список использованных источников

1. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
2. Гридин, В.М. Расчет характеристик асинхронных двигателей по каталожным данным / В.М. Гридин // Электричество, 2018. – № 3. – С. 44–48.
3. Дементьев, Ю.Н. Автоматизированный электропривод : учебное пособие / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев. – Томск : ТПУ, 2009. – 224 с.
4. Прищепов, М.А. Расчет параметров схемы замещения асинхронных двигателей по каталожным данным и построение их естественных механических и электромеханических характеристик / М.А. Прищепов, Е.М. Прищепова, Д.М. Иванов // Агропанорама. – 2016. – №5. – С. 20–32.

Прищепова Е.М., к.т.н., Крупеня В.И.
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь
ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ
И КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

Одним из способов, позволяющим полнее использовать питательные вещества кормов, является их плющение или измельчение зерна перед скармливанием. Указанные процессы приготовления кормов сопровождаются значительными затратами энергии. Даже незначительное снижение энергозатрат при кормоприготовлении дает коммерческий и народнохозяйственный эффект.

В основу обоснования конструктивных и технологических параметров системы электропривода измельчающих машин может быть положена величина удельных приведенных затрат, позволяющих провести анализ как энергозатрат, так и капитальных вложений [1, 2].

Тогда полные приведенные затраты равны

$$Z = \alpha K + C_{эл} + C_3 + C_p + EK, \quad (1)$$

где α – коэффициент амортизационных отчислений; K – капитальные затраты, руб; $C_{эл} = \varepsilon PT$ – стоимость энергии потребляемой из