

ЛИТЕРАТУРА

1. Демирова А.Ф. Изыскание режимов стерилизации консервов с использованием ротации тары: Дис. ... канд. техн. наук. – Махачкала, 2000.
2. Евстигнеев Г.М. Стерилизация консервов ротационным методом / ЦИНТИП. – М., 1969.
3. Демирова А.Ф. Ступенчатая стерилизация консервов // Продукты длительного хранения. – 2007. – № 2.

Поступила 18.08.10 г.

DEVICE FOR ROTARY STERILISATION OF SEALED FOOD JARS WITH USE STEP-LIKE HEATING AND AIR-WATER-EVAPORATING OF COOLING

A.F. DEMIROVA, T.A. ISMAILOV, M.E. AKHMEDOV

Daghestan State Technical University,

70, Imam Shamil prosp., Mahachkala, 367015; ph.: (8722) 62-37-61, fax: (8722) 62-37-97, e-mail: dstu@dstu.ru

The device for sterilisation of sealed food jars with use the step-like heating and air-water-vaporizer of the cooling with rotation of the tare with «bottom on lid» is presented. Scheme of the device and principle of his work is resulted. Device provides significant reduction a spread of time sterilisations of sealed food jars, as well as uniformity of the heat processing that promotes increasing a quality of finished products.

Key words: sterilisation of sealed food jars, step-like heating, rotation of tare.

621.31.004.18

РАЗРАБОТКА БЛИЗКИХ К ОПТИМАЛЬНЫМ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА С МОМЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТИПА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ

Ю.П. ДОБРОБАБА, Т.С. ЖИВОДРОВ

Кубанский государственный технологический университет,

350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2; электронная почта: inter-program@yandex.ru

Позиционные электроприводы постоянного тока с моментом сопротивления типа вязкого трения широко распространены на предприятиях пищевой промышленности. Предложены две близкие к оптимальным по быстродействию диаграммы перемещения исполнительных органов электроприводов постоянного тока с постоянным моментом сопротивления: с ограничением по току, с ограничениями по току и скорости.

Ключевые слова: электропривод постоянного тока, диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода, зависимость угла поворота исполнительного органа электропривода от времени, момент сопротивления, вязкое трение.

В настоящее время интенсификация технологических процессов в оборудовании пищевых предприятий, работающем в циклическом режиме, достигается за счет оптимизации по быстродействию перемещений исполнительных органов электроприводов (ИОЭП) постоянного тока с моментом сопротивления типа вязкого трения.

В монографии [1] представлены без учета влияния индуктивности якорной цепи ЭП две близкие к оптимальным по быстродействию диаграммы перемещения ИОЭП постоянного тока с постоянным моментом сопротивления: с ограничением по току, с ограничениями по току и скорости.

В данной работе разрабатываются без учета влияния индуктивности якорной цепи ЭП две близкие к оптимальным по быстродействию диаграммы перемещения ИОЭП постоянного тока с моментом сопротивления типа вязкого трения.

Постановка первой задачи для ЭП положения – отработать заданное перемещение за минимально возможное время при наличии ограничения по току.

Постановка второй задачи для ЭП положения – отработать заданное перемещение за минимально возможное время при наличии ограничений по току и скорости.

Математическая модель электропривода:

$$\left. \begin{aligned} C_m I_{я} &= K_c \omega + J \frac{d\omega}{dt}; \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \omega, \end{aligned} \right\}$$

где $I_{я}$ – ток якорной цепи ЭП, А; ω – угловая скорость ИОЭП, рад/с; φ – угол поворота ИОЭП, рад; M_c – момент сопротивления ЭП, Н · м; C_m – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В · с; J – момент инерции ЭП, кг · м²; K_c – коэффициент пропорциональности между скоростью и моментом сопротивления ЭП, Н · м · с/рад.

Критерий оптимизации – быстродействие.

Ограничения по току и скорости:

$$\left. \begin{aligned} -I_{\text{доп}} &\leq I_{я}(t) \leq I_{\text{доп}}; \\ -\omega_{\text{доп}} &\leq \omega(t) \leq \omega_{\text{доп}} \end{aligned} \right\}$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимое значение тока якорной цепи ЭП, А; $\omega_{\text{доп}}$ – допустимое значение угловой скорости ИОЭП, рад/с.

Начальные и конечные значения контролируемых координат:

$$\left. \begin{aligned} I_{я}(0) &= 0; \\ \omega(0) &= 0; \\ \varphi(0) &= \varphi_{нач} \end{aligned} \right\}; \left. \begin{aligned} I_{я}(T_{ц}) &= 0; \\ \omega(T_{ц}) &= 0; \\ \varphi(T_{ц}) &= \varphi_{кон} \end{aligned} \right\}$$

где $\varphi_{нач}$, $\varphi_{кон}$ – начальные и конечные значения угла поворота ИОЭП, рад; $T_{ц}$ – длительность цикла, с.

На рис. 1 представлена близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения ИОЭП постоянного тока с моментом сопротивления типа вязкого трения при ограничении по току.

Этап 1. В интервале времени $0 \leq t \leq t_1$

$$I_{я}(t) = I_{доп};$$

$$\varphi(t) = \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t}{J}} + \frac{C_M I_{доп}}{K_c} t + \varphi_{нач} - \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c};$$

$$\omega(t) = -\frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t}{J}} + \frac{C_M I_{доп}}{K_c}.$$

При $t = t_1$

$$\varphi_1 = \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t_1}{J}} + \frac{C_M I_{доп}}{K_c} t_1 + \varphi_{нач} - \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c};$$

$$\omega_1 = -\frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t_1}{J}} + \frac{C_M I_{доп}}{K_c}.$$

Этап 2. В интервале времени $t_1 \leq t \leq (t_1 + t_2) = T_{ц}$

$$I_{я}(t) = -I_{доп};$$

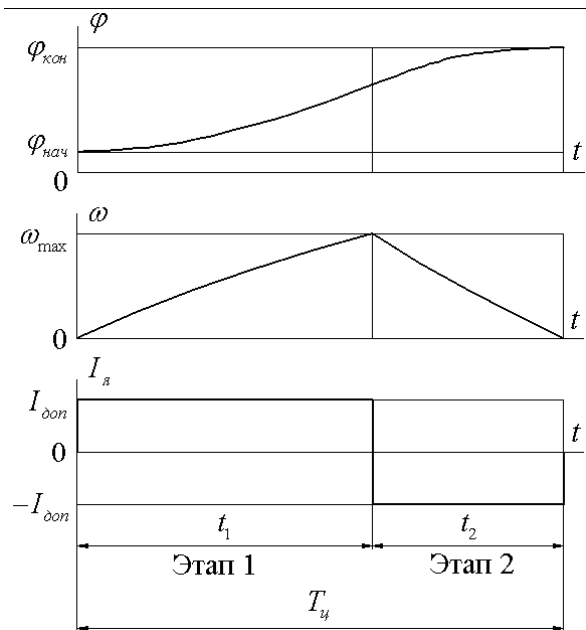


Рис. 1

$$\varphi(t) = \left[\frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t_1}{J}} - 2 \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c} \right] e^{-\frac{K_c (t-t_1)}{J}} - \frac{C_M I_{доп}}{K_c} (t-t_1) + \varphi_{нач} + \frac{C_M I_{доп}}{K_c} t_1 + \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c};$$

$$\omega(t) = -\left[\frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t_1}{J}} - 2 \frac{C_M I_{доп}}{K_c} \right] e^{-\frac{K_c (t-t_1)}{J}} - \frac{C_M I_{доп}}{K_c}.$$

При $t = (t_1 + t_2) = T_{ц}$

$$\varphi_2 = \left[\frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t_1}{J}} - 2 \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c} \right] e^{-\frac{K_c t_2}{J}} - \frac{C_M I_{доп}}{K_c} t_2 + \varphi_{нач} + \frac{C_M I_{доп}}{K_c} t_1 + \frac{J}{K_c} \frac{C_M I_{доп}}{K_c};$$

$$\omega_2 = -\left[\frac{C_M I_{доп}}{K_c} e^{-\frac{K_c t_1}{J}} - 2 \frac{C_M I_{доп}}{K_c} \right] e^{-\frac{K_c t_2}{J}} - \frac{C_M I_{доп}}{K_c}.$$

Так как $\omega_2 = 0$ и $\varphi_2 = \varphi_{кон}$, то

$$t_1 = \frac{J}{K_c} \ln \frac{1}{1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{K_c K_c (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})}{J C_M I_{доп}}}}};$$

$$t_2 = \frac{J}{K_c} \ln \frac{1}{1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{K_c K_c (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})}{J C_M I_{доп}}}}} - \frac{K_c (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})}{C_M I_{доп}}};$$

$$T_{ц} = 2 \frac{J}{K_c} \ln \frac{1}{1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{K_c K_c (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})}{J C_M I_{доп}}}}} - \frac{K_c (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})}{C_M I_{доп}}};$$

$$\omega_{max} = \frac{C_M I_{доп}}{K_c} \sqrt{1 - e^{-\frac{K_c K_c (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})}{J C_M I_{доп}}}}};$$

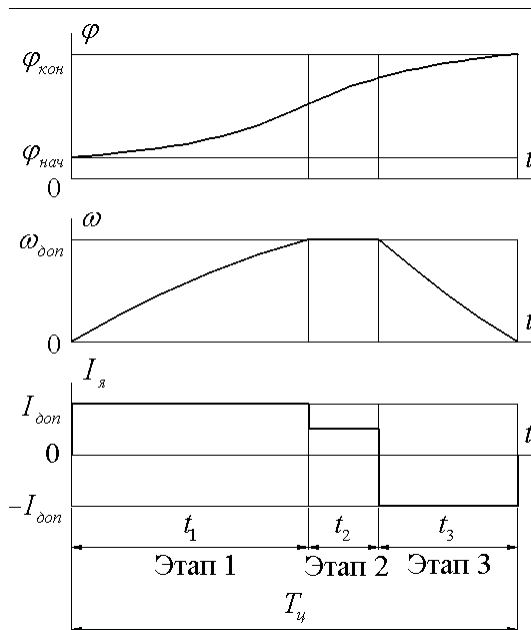


Рис. 2

$$\varphi_1 = \varphi_{\text{нач}} - \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \sqrt{1 - e^{-\frac{K_c K_c (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{J C_m I_{\text{доп}}}}} +$$

$$+ \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \ln \frac{1}{1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{K_c K_c (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{J C_m I_{\text{доп}}}}}}.$$

Диаграмма справедлива при выполнении условия $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \varphi_{\text{гр}}$, где $\varphi_{\text{гр}} = \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \ln \frac{C_m^2 I_{\text{доп}}^2}{C_m^2 I_{\text{доп}}^2 - K_c^2 \omega_{\text{доп}}^2}$.

Если условие не выполняется, то справедлива близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения ИОЭП постоянного тока с моментом сопротивления типа вязкого трения при ограничениях по току и скорости.

На рис. 2 представлена такая диаграмма.

Первые этапы для обеих диаграмм описываются одинаковыми зависимостями, но так как для второй диаграммы $\omega_1 = \omega_{\text{доп}}$, то

$$t_1 = \frac{J}{K_c} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}} - K_c \omega_{\text{доп}}};$$

$$\varphi_1 = \varphi_{\text{нач}} - \frac{J}{K_c} \omega_{\text{доп}} + \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}} - K_c \omega_{\text{доп}}}.$$

Этап 2. В интервале времени $t_1 \leq t \leq (t_1 + t_2)$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{K_c}{C_m} \omega_{\text{доп}};$$

$$\varphi(t) = \varphi_1 + \omega_{\text{доп}} (t - t_1);$$

$$\omega(t) = \omega_{\text{доп}}.$$

При $t = (t_1 + t_2)$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \omega_{\text{доп}} t_2.$$

Этап 3. В интервале времени $(t_1 + t_2) \leq t \leq (t_1 + t_2 + t_3) = T_{\text{ц}}$

$$I_{\text{я}}(t) = -I_{\text{доп}};$$

$$\varphi(t) = -\frac{J}{K_c} \left(\frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} + \omega_{\text{доп}} \right) e^{-\frac{K_c}{J}(t-t_1-t_2)} -$$

$$-\frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} (t - t_1 - t_2) + \varphi_{\text{нач}} + \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} +$$

$$+ \omega_{\text{доп}} t_2 + \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}} - K_c \omega_{\text{доп}}};$$

$$\omega(t) = \left(\frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} + \omega_{\text{доп}} \right) e^{-\frac{K_c}{J}(t-t_1-t_2)} - \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c}.$$

При $t = (t_1 + t_2 + t_3) = T_{\text{ц}}$

$$\varphi_3 = -\frac{J}{K_c} \left(\frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} + \omega_{\text{доп}} \right) e^{-\frac{K_c}{J} t_3} - \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} t_3 + \varphi_{\text{нач}} +$$

$$+ \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} + \omega_{\text{доп}} t_2 + \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}} - K_c \omega_{\text{доп}}};$$

$$\omega_3 = \left(\frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} + \omega_{\text{доп}} \right) e^{-\frac{K_c}{J} t_3} - \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c}.$$

Так как $\omega_3 = 0$ и $\varphi_3 = \varphi_{\text{кон}}$, то

$$t_3 = \frac{J}{K_c} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}} + K_c \omega_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}}};$$

$$t_2 = \frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}} - \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c \omega_{\text{доп}}} \ln \frac{C_m^2 I_{\text{доп}}^2}{C_m^2 I_{\text{доп}}^2 - K_c^2 \omega_{\text{доп}}^2};$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}} + \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}} + K_c \omega_{\text{доп}}}{K_c I_{\text{доп}}} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}} + K_c \omega_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}}} -$$

$$- \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}} - K_c \omega_{\text{доп}}}{K_c I_{\text{доп}}} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}} - K_c \omega_{\text{доп}}};$$

$$\varphi_2 = \varphi_{\text{кон}} - \frac{J}{K_c} \omega_{\text{доп}} + \frac{J}{K_c} \frac{C_m I_{\text{доп}}}{K_c} \ln \frac{C_m I_{\text{доп}} + K_c \omega_{\text{доп}}}{C_m I_{\text{доп}}}.$$

Диаграмма справедлива при выполнении условия $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \varphi_{\text{гр}}$.

Реализация предлагаемых близких к оптимальным по быстродействию диаграмм перемещения ИОЭП постоянного тока с моментом сопротивления типа вязкого трения без учета влияния индуктивности якорной цепи ЭП позволяет интенсифицировать технологические процессы в пищевых аппаратах, работающих в циклическом режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Чумак А.Ю. Синтез САР угловой скорости электроприводов постоянного тока по эталонным передаточным функциям. – Краснодар: Изд-во КубГУ, 2000. – 96 с.

Поступила 14.12.10 г.

DEVELOPING THE NEARLY OPTIMALLY PERFORMING DISPLACEMENT DIAGRAMS OF ELECTRIC DRIVES DIRECT CURRENT WITH MOMENT OF RESISTANCE VISCOUS FRICTION TYPE

YU.P. DOBROBABA, T.S. ZHIVODROV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, 350072; e-mail: inter-program@yandex.ru*

Positional electric drives direct current with moment of resistance viscous friction type are widespread in the food industry. Proposed two are nearly optimally performing displacement diagrams of electric drives direct current with constant moment of resistance: a current limitation, the limitations of current and speed.

Key words: electric drives direct current, displacement diagram of electric drive direct current, the angle of rotation of the electric drive from time, the moment of resistance, viscous friction.

664.03

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ, УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И КПД ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ

В.П. БОРОДЯНСКИЙ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2; тел.: (861) 275-22-79*

Для получения математических зависимостей, касающихся производительности оборудования, удельной работы и КПД процесса обработки материала, используется элементарная физическая модель. Показано влияние кинематических параметров модели (угла давления) на энергетические показатели процесса.

Ключевые слова: технологическое оборудование, элементарная физическая модель, производительность, удельная работа, КПД обработки материала.

Важными характеристиками функционирования технологического оборудования являются его производительность и энергопотребление. Использование элементарной физической модели (ЭФМ) для определения этих параметров позволяет обобщить методы их расчета для технологического оборудования, осуществляющего механические процессы обработки материала – прессование, резание, измельчение и др.

Обобщенные методы энергосиловых расчетов оборудования с использованием ЭФМ [1–3] в своей основе опираются на ограниченное число параметров, характеризующих реальное устройство, производящее обработку материала. В то же время определение производительности оборудования по существующим методикам требует конкретных для данного устройства вели-

чин, не входящих в параметры ЭФМ. Поэтому общим показателем, отражающим производительность разного вида обрабатывающих устройств, может служить величина вытесняемого рабочим органом объема материала. Для ЭФМ (рис. 1) вытеснение объема происходит при движении пластин 1 и 2 модели (рис. 1, а), при котором они сближаются со скоростью V_{12} . Поверхность пластины 1 на участке BC контакта ее с материалом перемещается в глубину материала со скоростью V_{12}^n . Объем, вытесненный за 1 с, или объемная производительность:

$$Q_0 = l_1 b V_{12}^n = l_1 b V_2 \sin \beta, \tag{1}$$

где Q_0 – производительность объемная, м³/с; l_1 и b – длина и ширина контактной поверхности пластины 1, м; V_{12}^n – нормальная составляющая скорости пластины 1 относительно пластины 2, м/с; V_2 – скорость пластины 2, м/с; β – угол схождения пластин 1 и 2.

Производительность по массе вытесняемого материала Q , кг/с:

$$Q = Q_0 \rho = l_1 b \rho V_2 \sin \beta, \tag{2}$$

где ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³.

Для материала, имеющего при обработке прокаткой практически постоянную плотность, определение производительности по вытесненному объему (массе) позволяет проводить оценку энергозатрат на процесс.

Исходя из особенностей конкретного устройства, зависимости (1) и (2) могут использоваться непосредственно либо незначительно видоизменяться. Напри-

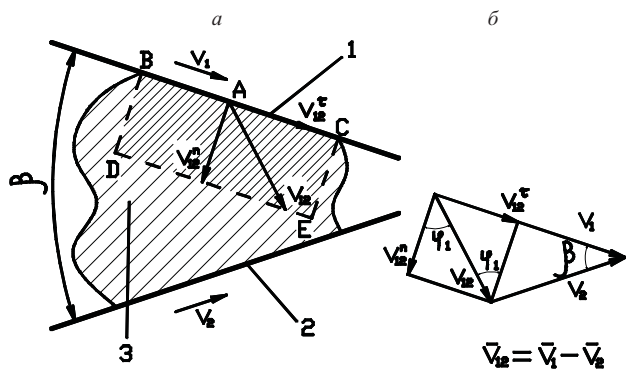


Рис. 1