

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В КАМЕРІ ПЛОДООВОЧЕСХОВИЩ

В.О. Грищенко, асистент

Наведено математичний опис процесів зберігання плодоовочевої продукції з використанням машинного охолодження. Розроблено автоматичну систему керування, яка реалізує імпульсний режим охолодження.

Холодильне обладнання, плодоовочесховище, зберігання, автоматичне керування.

Зростаючі вимоги до зменшення втрат плодоовочевої продукції в умовах господарств-виробників зумовлюють нагальну необхідність поширення застосування систем машинного охолодження повітря – холодильних установок [1,5,8]. Але застосування систем створення мікроклімату з машинним охолодженням повітря потребує значних витрат енергії, що призводить до збільшення собівартості продукції.

Одним із способів, що забезпечують зниження питомої енергоємності процесів холодильного зберігання є автоматизація керування температурно-вологісними режимами [4].

Найпоширеніші - позиційні системи автоматичного регулювання температури не забезпечують задовільної ефективності як в технологічному так і в енергетичному плані, тому що не враховують змінення теплового навантаження в часі (доба, місяць, рік).

Мета досліджень – створення автоматизованої системи керування мікрокліматом у камері плодоовочесховища.

Матеріали та методика досліджень. В роботі як основний метод дослідження динамічних властивостей сховищ використано аналітичний метод із наступною експериментальною перевіркою отриманого математичного опису. Аналітичний метод синтезу систем автоматизації можна використовувати за наявності математичного опису досліджуваного процесу зберігання плодоовочевої продукції.

Результати досліджень. При описі фізичних процесів у холодильній камері для зберігання плодоовочевої продукції використано такі передумови та спрощуючі допущення. Повітря в об'ємі плодоовочесховища добре перемішується і рівномірно омиває тепломасообмінні поверхні. Теплофізичні параметри елементів приміщень, біологічних об'єктів, а також значення коефіцієнтів тепломасообміну не залежать від температури, вологості та є незмінними в часі. Теплові опори огорожень від параметрів середовища не залежать, теплообмін випромінюванням всередині приміщення відсутній. Вплив сонячного опромінення зовнішньої поверхні враховується при визначенні умовної зовнішньої температури [2]. Питомі те-

пло- і вологовиділення залежать від температури лінійно. Температура технологічного обладнання дорівнює температурі повітря.

Система лінеаризованих диференціальних рівнянь, якими описуються нестационарні процеси в холодильній камері для зберігання фруктів мають вигляд:

- для випарника:

$$m_x c_x \frac{dt_{x2}}{d\tau} = 2G_x c_x (t_{x1} - t_{x2}) + k_o F_o (0.5(t_{v1} + t_{v2}) - 0.5(t_{x1} + t_{x2})), \quad (1)$$

- для повітроохолоджувача:

$$m_v c_p \frac{dt_{v2}}{d\tau} = 2G_v c_{vp} (t_{v1} - t_{v2}) - k_o F_o (t_{v1} + t_{v2}) - (t_{x1} + t_{x2}), \quad (2)$$

- для камери зберігання:

$$(m_n c_n + m_k c_p) \frac{dt_{k2}}{d\tau} = k_z F_z (t_z - 0.5(t_{k1} + t_{k2})) - G_v c_p (t_{k2} - t_{k1}), \quad (3)$$

де m_x – маса холодоагента (Фреон-22), кг; m_v – маса повітря в повітроохолоджувачі, кг; m_n – маса продукції, що зберігається, кг; m_k – маса повітря в камері, кг; c_x – питома теплоємність холодоагента, кДж/(кг·°C); c_p – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·°C); c_n – питома теплоємність продукції, що зберігається, кДж/(кг·°C); k_o – коефіцієнт теплопередачі від холодоагента до внутрішньої поверхні, Вт/(м²·°C); F_o – поверхня теплообміну, м²; G_x – витрати холодоагента, кг/с; G_v – витрати повітря, кг/с; k_z – сумарний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні огороження, Вт/(м²·K); F_z – зовнішня поверхня огороження, м²; t_{x1} – температура холодоагента на вході в повітроохолоджувач, °C; t_{x2} – температура холодоагента на виході з повітроохолоджувача, °C; t_0 – температура кипіння холодоагента, °C; t_{v1} – температура повітря на вході до повітроохолоджувача, °C; t_{v2} – температура повітря на виході з повітроохолоджувача, °C; t_z – температура зовнішнього повітря, °C; t_{k1} – температура повітря на вході в камеру, °C; t_{k2} – температура повітря на виході з камери, °C.

Якщо записати рівняння динаміки (1) – (3) в приростах: $t_{x1} = t_{x1}^0 + \Delta t_{x1}$; $t_{x2} = t_{x2}^0 + \Delta t_{x2}$; $t_{v2} = t_{v20} + \Delta t_{v2}$; $t_{k2} = t_{k2}^0 + \Delta t_{k2}$; $G_x = G_x^0 + \Delta G_x$; $G_v = G_v^0 + \Delta G_v$, віднімаючи рівняння статички і нехтуючи членами другого ступеня малості та приводячи рівняння до канонічного виду, отримуємо таку систему звичайних диференціальних рівнянь:

$$T_x \frac{d\Delta t_{x2}}{d\tau} + \Delta t_{x2} = k_1 \Delta t_{v1} + k_1 \Delta t_{v2} - k_2 \Delta t_{x1} + k_3 \Delta G_x; \quad (4)$$

$$T_v \frac{d\Delta t_{v2}}{d\tau} + \Delta t_{v2} = k_4 \Delta t_{x1} + k_4 \Delta t_{x2} - k_5 \Delta t_{v1} + k_6 \Delta G_v; \quad (5)$$

$$T_k \frac{d\Delta t_{k2}}{d\tau} + \Delta t_{k2} = k_7 \Delta t_z - k_8 \Delta t_{k1} - k_9 \Delta G_v. \quad (6)$$

У рівняннях T_x, T_v, T_k – сталі часу, які характеризують динаміку, k_1, \dots, k_9 – сталі коефіцієнти, виражені через конструктивні та технологічні параметри об'єкта:

$$k_1 = \frac{k_o F_o}{k_o F_o + 2G_x c_x}; \quad k_2 = \frac{k_o F_o - 2G_x c_x}{k_o F_o + 2G_x c_x}; \quad k_3 = \frac{2c_x(t_{x1}^0 - t_{x2}^0)}{k_o F_o + 2G_x c_x};$$

$$k_4 = \frac{0.5k_o F_o}{0.5k_o F_o + c_p G_v^0}; \quad k_5 = \frac{0.5k_o F_o - c_p G_v^0}{0.5k_o F_o + c_p G_v^0}; \quad k_6 = \frac{c_p(t_{v1}^0 + t_{v2}^0)}{0.5k_o F_o + c_p G_v^0};$$

$$k_7 = \frac{k_z F_z}{k_z F_z + 2c_p G_v^0}; \quad k_8 = \frac{k_z F_z - 2c_p G_v^0}{k_z F_z + 2c_p G_v^0}; \quad k_9 = \frac{2c_p(t_{k2}^0 - t_{k1}^0)}{k_z F_z + 2c_p G_v^0};$$

$$T_x = \frac{m_x c_x}{k_o F_o + 2G_x c_x}; \quad T_v = \frac{m_v c_p}{0.5k_o F_o + c_p G_v^0}; \quad T_k = \frac{m_n c_n + m_k c_p}{k_z F_z + 2c_p G_v^0}.$$

Застосовуючи перетворення Лапласа до рівнянь (4) – (6), отримаємо аналітичні вирази передаткових функцій по каналах, які зв'язують температуру на виході з камери з температурою повітря на її вході, температуру холодоагента на вході та виході з повітроохолоджувача, а також параметрами повітря.

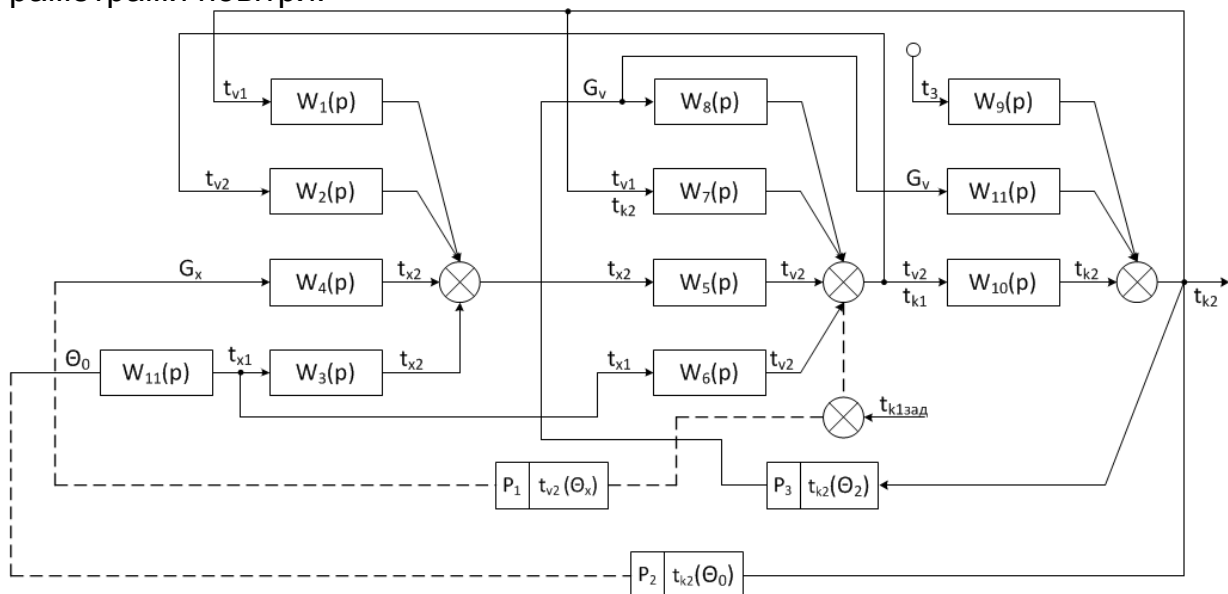


Рис 1. Структурна схема системи автоматичного керування режимами охолодження плодоовочевої продукції:

P_1 – регулятор витрат холодоагента, P_2 – регулятор витрат повітря, P_3 – регулятор холодопродуктивності (частота обертів вала компресора)

Передаткові функції інерційних елементів у системі забезпечення машинного зберігання плодоовочевої продукції по основних каналах отримано у вигляді:

$$\begin{aligned}
W_1 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{v1}}{\Delta t_{x2}} = \frac{k_1}{T_x p + 1}; & W_2 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{v2}}{\Delta t_{x2}} = \frac{k_1}{T_x p + 1}; & W_3 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{x1}}{\Delta t_{x2}} = \frac{k_2}{T_x p + 1}; \\
W_4 \Phi &\equiv \frac{\Delta G_x}{\Delta t_{x2}} = \frac{k_3}{T_x p + 1}; & W_5 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{x2}}{\Delta t_{v2}} = \frac{k_4}{T_v p + 1}; & W_6 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{x1}}{\Delta t_{v2}} = \frac{k_4}{T_v p + 1}; \\
W_7 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{v1}}{\Delta t_{v2}} = \frac{k_5}{T_v p + 1}; & W_8 \Phi &\equiv \frac{\Delta G_v}{\Delta t_{v2}} = \frac{k_6}{T_v p + 1}; & W_9 \Phi &\equiv \frac{\Delta t_z}{\Delta t_{k2}} = \frac{k_7}{T_k p + 1}; \\
W_{10} \Phi &\equiv \frac{\Delta t_{k1}}{\Delta t_{k2}} = \frac{k_8}{T_k p + 1}; & W_{11} \Phi &\equiv \frac{\Delta G_v}{\Delta t_{k2}} = \frac{k_9}{T_k p + 1}.
\end{aligned}$$

Відповідно до рівнянь (4)–(6) та передаткових функцій елементарних ланок складено математичну модель динамічних процесів машинного зберігання плодоовочевої продукції у вигляді структурної схеми (рис. 1).

Використовуючи рівняння (1)–(3), побудовано перехідні процеси в камері зберігання плодоовочевої продукції (рис. 2).

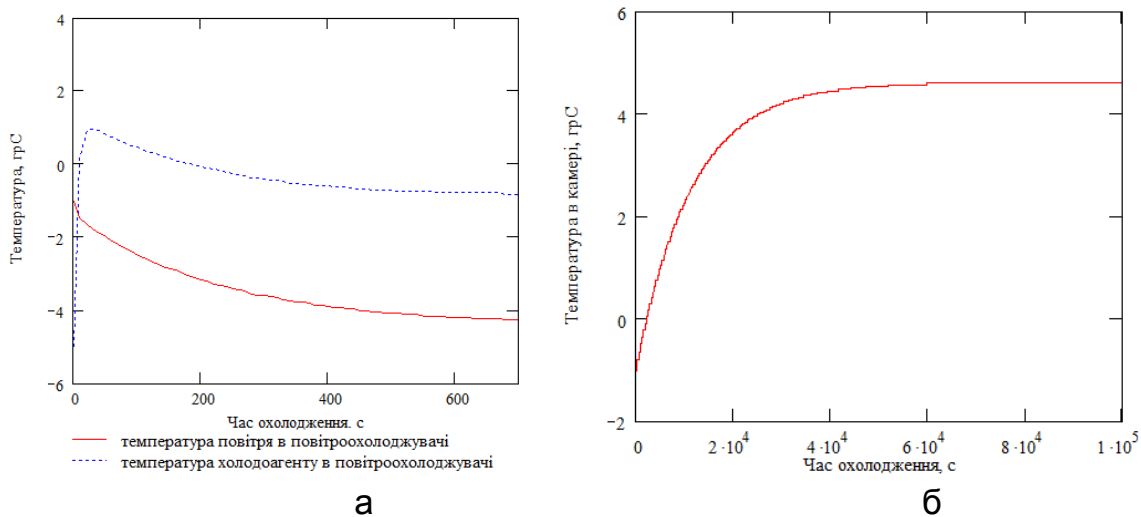


Рис. 2. Перехідні процеси в камері зберігання плодоовочевої продукції:
а – температура повітря в повітроохолоджувачі та температура холодоагента; б – температура продукції, яка зберігається

Висновки

Розроблено замкнену математичну модель теплових процесів у холодильній установці, яка адекватно описує процес на основі синтезованої системи керування.

Список літератури

1. Бедин Ф.Н. Технология хранения растительного сырья/ Бедин Ф.Н., Баллан Е.Ф., Чумак Н.И. – Одесса: "Астропринт", 2002 – 302 с.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика/ В.Н. Богословский. – М.: Высш. шк., 1982 – 415 с.
3. Мартыненко И.И. Автоматическое управление температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов / И.И. Мартыненко, Н.Л. Гирнык. – М.: Колос, 1984 – 152 с.

4. Сотников А.Г. Автоматизация систем кондиционирования воздуха и вентиляции/А.Г. Сотников. – Л.: Машиностроение, 1984 – 240 с.

5. Чумак И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумак, В.П. Чепуренко. – М.: Агропромиздат, 1991 – 495 с.

Приведено математическое описание процессов хранения плодово-овощной продукции с использованием машинного охлаждения. Разработана автоматическая система управления, которая реализует импульсный режим охлаждения.

Холодильное оборудование, плодовоовощехранилище, хранение, автоматическое управление.

The mathematical description of the processes produce storage using machine cooling, and developed an automated control system that implements pulse cooling.

Refrigeration equipment, storage for fruits and vegetables, storage, automatic control.

УДК 62 - 83 : 621. 313. 333

РЕЗОНАНСНІ РЕЖИМИ В КОМПЕНСОВАНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ

В.В. Гаврилюк, асистент

Розглянуто умови виникнення резонансних режимів у компенсованих асинхронних двигунах у пускових та номінальних режимах. Обґрунтовано вплив резонансів напруг та струмів на роботу двигунів.

Асинхронний двигун, компенсація реактивної потужності, резонанс.

Необхідність асинхронних електроприводів зі зменшеним споживанням реактивної потужності зумовила появу компенсованих асинхронних двигунів (КАД) [4,5]. Особливості будови цих електродвигунів, а саме, наявність у них індуктивних L (обмотка двигуна) та одночасно ємнісних C елементів (рис.1) у певних режимах роботи можуть призвести до виникнення резонансних явищ. При резонансі можливе збільшення струму в обмотках двигуна, що призведе до перегрівання останніх та виходу їх з ладу. Існуючі праці, присвячені КАД [4,5], не розкривають проблеми виникнення резонансів. Тому це питання є нині актуальним і потребує ґрунтовного вивчення.