

**АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНОГО ЗА ФОРМОЮ
ЗМІННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ПРИ
ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОМУ НАГРІВАННІ
КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ**

**Михайлов В.М., д.т.н., проф., Дьяков О.Г., к.т.н., доц.,
Бабкіна І.В., к.т.н., доц., Шевченко А.О., асист.**
(Харківський державний університет харчування та торгівлі)

В статті проаналізовано застосування різного за формою змінного електричного струму. Розглянуто способи отримання змінного струму та визначено доцільність застосування прямокутної форми зміни струму при електроконтактному нагріванні кулінарних виробів.

Постановка проблеми. Практичний досвід здійснення процесів теплової обробки у виробництві кулінарної продукції свідчить про низку недоліків, що в сукупності зумовлюють значні енергетичні і матеріальні витрати. Перш за все такі процеси характеризуються низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД), значною тривалістю процесів і трудомісткістю. Крім того, в деяких випадках, отримана продукція не відповідає вимогам якості.

Аналіз останніх досліджень. Вдосконалення процесів теплової обробки можливо шляхом комбінації різноманітних методів передачі енергії. При цьому особливого значення набуває аналіз застосування різних параметрів відповідних методів та режимів роботи апаратів, що їх реалізують.

Слід зауважити, що досить перспективним є поєднання традиційних методів теплового впливу з електрофізичними методами. Їх використання у технологічних процесах є досить ефективним, так як в більшості випадків це дозволяє знизити питомі витрати енергії, скоротити тривалість теплової обробки, забезпечити раціональні температурні режими [1].

Серед електрофізичних методів відрізняється ефективністю метод електроконтактного нагрівання (ЕКН). Переваги ЕКН полягають в швидкості реалізації, рівномірності температурного поля та простоті здійснення процесів [2, 3].

В той же час, реалізація ЕКН має деякі особливості. Так, не

зважаючи на всі міри безпеки (електроізоляцію, заземлення, автоблокування та ін.), здійснення контактного електронагріву в умовах обслуговування періодично працюючих апаратів може бути небезпечним для людини. Існує ризик ураження електричним струмом. При цьому забезпечити користувача можна шляхом застосування електричної напруги, що не перевищує допустимої за технікою безпеки.

У зв'язку з вище сказаним **метою роботи** є аналіз застосування різного за формою електричного струму при електроконтактному нагріванні кулінарних виробів.

Результати досліджень. Заснований ЕКН на використанні електричного струму, що характеризується низкою параметрів. Так, електричний струм можна поділити за типом на постійний і змінний, та за формою змінного струму – синусоїдальний (сигнал зміна якого у часі відбувається за законом синусоїди) та прямокутний (ступінчатий, прямокутний сигнал).

Розглянемо можливі шляхи отримання електричного струму для застосування в апаратах з ЕКН, основні характеристики струмів, безпечність та ефективність їх застосування.

Постійний струм, частота зміни якого дорівнює нулю, характеризується незмінністю напрямку і значення напруги з часом. Отримання такого струму можливо від промислової мережі шляхом застосування електричного випрямляча. При цьому задавання напруги здійснюється за допомогою трансформатора. В той же час його застосування при ЕКН унеможливується у зв'язку з негативними наслідками електролізу, що саме відбуваються в процесі нагрівання постійним струмом.

У змінного струму частота зміни напрямку і напруги є відмінною від нульового значення. Отримання такого струму з потрібною напругою можливо наступним чином:

- 1) безпосередньо з промислової мережі;
- 2) за допомогою потужних генераторів синусоїдальної напруги;
- 3) шляхом застосування комутуючих елементів [4].

Перший спосіб є найбільш простим за виконанням. Однак, при цьому отримується синусоїдальний змінний струм з незмінною частотою 50 Гц, що обмежує можливості проведення досліджень електроконтактних процесів в різноманітних інтервалах частот.

Другий спосіб є більш ускладнений, але надає можливість отримувати змінний струм синусоїдальної форми різної частоти. Він реалізується автогенераторами з частотозалежними елементами

електричного кола позитивного зворотного зв'язку. При цьому для підсилення до потрібного рівня напруги використовуються підсилювачі, які працюють в лінійному режимі, що в свою чергу призводить до виділення теплової енергії. Така система характеризується незначною величиною ККД (до 0,5), а також високою вартістю електротехнічного оснащення.

За допомогою третього способу отримують змінний електричний струм потрібної частоти прямокутної форми. Генератори з комутуючими елементами мають відносно просту конструкцію і працюють в ключовому режимі (режим «увімкнено-вимкнено»). В даному випадку практично відсутні втрати на нагрівання підсилюючих елементів, а ККД роботи подібних пристроїв доходить до 90 %. Це свідчить про досить ефективне використання електричної енергії у порівнянні з другою методикою. Крім того, зазвичай, вартість пристроїв генерування прямокутного змінного струму складає в межах 20...25 % вартості генераторів синусоїдальної напруги.

Отже, аналіз наведених способів отримання змінного струму вказує на доцільність використання генераторів на основі комутаторів зважаючи на можливість отримання струму в широкому інтервалі частот, простоту реалізації, енергоефективність та недорогої вартість пристрою. Однак, при цьому отримується змінний струм прямокутної форми, ефективність застосування якого при ЕКН розглянемо нижче.

До основних характеристик змінного струму також відносять:

- амплітудну напругу ($U_{ампл}$, В), що відповідає максимальному за модулем значенню миттєвої напруги за весь період коливань;
- діючу напругою (U_{δ} , В), тобто середньоквадратичне значення напруги за весь період коливань.

З метою порівняння енергетичних можливостей змінного струму синусоїдальної форми та прямокутної форми розрахуємо можливу діючу напругу та потужність ЕКН при використанні цих струмів з однаковою амплітудною напругою від 10 до 50 В.

При синусоїдальному струмі діюча напруга визначається:

$$U_{\delta} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [U_{ампл} \cdot \sin(\omega t)]^2 dt} \text{ , В,} \quad (1)$$

де T – період зміни електричного струму, s (приймаємо частоту зміни струму 50 Гц, тоді $T = 0,02 \text{ с}$).

ω – кутова частота, s^{-1} ($\omega = 2\pi \cdot \nu = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}$);

t – час, с;

ν – частота зміни електричного струму, Гц.

При прямокутному струмі амплітудна напруга майже весь час (окрім моменту зміни напрямку струму, коли миттєве значення напруги дорівнює нулю, чим можна знехтувати) дорівнює діючій напрузі, тобто $U_{ампл} = U_{д.}$.

Середня потужність нагрівання (P , Вт) визначається за формулою

$$P = U_{д.}^2 \cdot \sigma, \quad (2)$$

де σ – середня електропровідність зразка, Ом^{-1} (згідно експериментальних даних $\sigma = 0,043 \text{ Ом}^{-1}$).

Результати розрахунків представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку потужності нагрівання при застосуванні синусоїдального та прямокутного змінного електричного струму

Амплітудна напруга, $U_{ампл.}$, В	Змінний струм синусоїдальної форми		Змінний струм прямокутної форми	
	діюча напруга, $U_{д.}$, В	середня потужність, P , Вт	діюча напруга, $U_{д.}$, В	середня потужність, P , Вт
10	7	2,1	10	4,3
20	14	8,4	20	17,2
30	21	19,0	30	38,7
40	28	33,7	40	68,8
50	35	52,7	50	107,5

Аналіз табл. 1 свідчить, що при синусоїдальному змінному струмі отримана діюча напруга є в 1,4 рази менша за амплітудну, а при прямокутному струмі діюча і амплітудна напруги є рівними. Крім того, потужність при прямокутному змінному струмі в 2,0...2,1 рази більша за потужність при синусоїдальному струмі.

Однак, слід зауважити, що з точки зору безпеки застосування змінного електричного струму при тепловій обробці кулінарної продукції з використанням ЕКН, доцільною є розробка способів, які дозволяють використовувати максимальну напругу, значення якої не перевищує 42 В (згідно ГОСТ 12.1.009-99). З урахуванням цього приймаємо для ЕКН змінний електричний струм прямокутної форми

з максимальною напругою 40 ± 2 В.

Висновки. Таким чином, теоретичними дослідженнями доведено, що за однакових значень амплітудної напруги при використанні прямокутного струму потужність нагрівання в 2,0...2,1 рази більше, ніж при синусоїдальному струмі. Підвищення потужності нагрівання змінним струмом синусоїдальної форми можливе з підвищенням діючої напруги, але при цьому зростає амплітудна напруга, перевищення за значення 42 В є небезпечним.

Список літератури

1. Черевко О.І. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О.І. Черевко, А.М. Поперечний. – Харків: Харк. держ. акад. технол. та орг. харчування, 2002. – 420 с.

2. Матов Б.М. Электрофизические методы в пищевой промышленности / Б.М. Матов, Э.В. Решетько. – Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1968. – 128 с.

3. Волчков В.И. Исследование электрофизических свойств мясопродуктов применительно к процессам электроконтактной обработки: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.14 / В.И. Волчков. – М., 1973. – 128 с.

4. Джонс М.Х. Электроника – практический курс. / М.Х. Джонс. – М.: Постмаркет, 1999. – 528 с.

Аннотация

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОГО ПО ФОРМЕ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОМ НАГРЕВЕ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В статье проанализировано использование разного по формулю переменного электрического тока. Рассмотрены способы получения переменного тока и определена целесообразность использования прямоугольной формы изменения тока при электроконтактном нагреве кулинарных изделий.

Abstract

ANALYSIS OF USE OF THE VARIABLE ELECTRIC CURRENT DIFFERENT IN THE FORM AT ELECTROCONTACT HEATING

CULINARY PRODUCTS

In article analyzed use of different forms of variable electric current. Considered ways of reception of alternating current and defined expediency use of squared change of electric current at electrocontact heating of culinary products.