

2. Лютаревич А.Г. Повышение качества электроэнергии в распределительных сетях за счет снижения несинусоидальности кривой напряжения: дис. канд. техн. наук: 05.14.02 / Лютаревич Александр Геннадьевич. – Омск, 2009. –134 с.
3. Розанов Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов / Розанов Ю.К., Рябчинський М.В., Кваснюк А.А. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.
4. Церазов А.Л. Исследование влияний несимметрии и несинусоидальности напряжения на работу асинхронных двигателей / А.Л. Церазов, Н.И. Якименко. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 120с.
5. Шидловский А.К. Повышение качества энергии в электрических сетях / А.К. Шидловский, В.Г. Кузнецов. – К.: Наук. думка, 1985. – 268с.

*Проведено обоснование влияния высших гармоник на элементы системы электроснабжения и показатели качества электрической энергии в распределительных сетях.*

***Высшие гармоники, качество электрической энергии, коэффициент несимметрии, потери мощности, источник питания, активный фильтр, дополнительные потери.***

*Argumentation of higher harmonics effect on the power supply system elements and indicators of the quality of electric energy in distribution networks is realized.*

***Higher harmonics, power quality, unbalance, power loss, power supply, active filter, additional losses.***

УДК.631-37

## **АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК**

***В.Ю.Рамш, кандидат технічних наук  
ВП НУБіП України “Бережанський агротехнічний інститут”***

*Розглянуто методику вибору системи керування технологічними процесами біогазових установок як складової частини всієї технологічної системи.*

***Біогазові установки, матриця, система керування, стійкість регулювання.***

Взаємозв'язок енергетики та економіки вимагає насамперед економії енергії на всіх рівнях виробництва та споживання. Поставлена мета досягається тоді, коли приріст потреб у паливі та енергії на 75 % задовольняється за рахунок відновлюваних джерел енергії [1].

Застосування потужних біогазових установок (БГУ) дозволяє вирішити проблеми енергетичного, екологічного та агрохімічного характеру і може бути базовою основою для створення екологічно чистих джерел енергії.

Сучасні БГУ є складними технологічними системами, які мають підсистеми основного і допоміжного обладнання та мікропроцесорні системи керування і програмного забезпечення. Програмне забезпечення технологічних систем являє собою комплекс інформаційних матеріалів, необхідних для нормального функціонування системи, які використовуються для ведення технологічних процесів в оптимальних режимах. Режимні параметри технологічних систем безпосередньо залежать від вибору законів регулювання та параметрів налагодження системи керування, визначаючи тим самим її економічну ефективність.

**Мета досліджень** – розробка методики, яка дозволить формалізувати кількісні та якісні ознаки технологічних систем та створення алгоритмічної і програмної бази для її керування.

**Матеріали та методика досліджень.** Технологічні системи являють собою нелінійні об'єкти регулювання. Для розробки автоматичної системи керування, як правило, передбачається лінеаризація в межах базового режиму, при цьому заданий оптимізатором режим знаходиться в межах похибки лінеаризації.

**Результати досліджень.** Рух об'єктів керування під дією автоматичної системи керування можна описати рівнянням [3].

$$X^{t+1} - X^t = SX, \quad (1)$$

де  $X$  – вектор стовпчика координат об'єкта в просторі відхилення від заданого режиму;  $S$  – квадратична матриця, яка враховує властивості лінеаризованого об'єкта і системи керування.

Матрицю  $S$  розкладаємо на канонічні складові, а вектор  $X$  представляємо в головних осях простору станів. Таким чином рівняння (1) розкладається на  $m$  незалежних рівнянь:

$$X_q^{t+1} - X_q^t = \lambda_q X_q^t, \quad (2)$$

де  $X_q$  – координата вектора стану від заданого режиму по  $d$ -й головній осі;

$\lambda_q$  – власне число матриці  $S$ , яке відповідає її  $d$ -й канонічній складовій.

Розв'язок рівняння (2) буде мати такий вигляд:

$$X_q^{t+1} = (1 + \lambda_q) X_q^t. \quad (3)$$

Система керування буде стійкою, якщо вона стійка по всіх складових рівняння (3). Характер руху  $q$ -ї головної осі визначається значенням коефіцієнта  $1 + \lambda_q$  і не залежить від біжучого значення  $X_q^t$ .

Відхилення вектора стану від заданого значення буде затухати за умови:

$$(1 + \lambda_q) < 1. \quad (4)$$

Для задоволення нерівності (4) необхідно, щоб всі власні числа  $\lambda_q$  були від'ємними, тобто матриця  $S$  повинна бути від'ємно визначеною. При  $\lambda_q = 0$  складова вектора стану у відхиленнях від заданого режиму не затухає і не наростає. Теоретично така система стійка, але вона не має

асимптотичної стійкості. Практично управляти системою в цьому випадку неможливо, тому що через випадкові причини нульове значення  $\lambda_q$  може стати позитивним і система керування втратить стійкість. Найефективнішою системою керування буде при такому виборі її матриці  $C$ , коли всі власні числа матриці  $S$  в рівнянні (1) дорівнюють одиниці. Цього можна досягти за умови:

$$S=RC = -E, \quad (5)$$

де  $R$  – матриця параметрів лінеаризованого об'єкта;  $C$  – матриця коефіцієнтів зворотного зв'язку;  $E$  – одинична матриця.

Тоді всі коефіцієнти  $1 + \lambda_q = 0$  і відхилення від заданого режиму зникають за один сигнал. Умова (5) задовольняється, якщо матриця  $C$  основного регулятора визначається при його налагодженні шляхом обернення вимірюваної на об'єкті матриці  $R$ .

$$C = -\frac{1}{R}. \quad (6)$$

Такий розрахунок досягається внаслідок відмови від діагональної форми матриці  $C$ , тобто відмови від незалежного регулювання кожної координати фізичного режиму. Але найпростішу систему керування можна отримати, якщо прийняти її матрицю діагональною, яка складається з однакових елементів, що дає можливість замінити її одним числовим коефіцієнтом. Вплив такого коефіцієнта на стійкість системи можна показати, якщо зіставити характеристичні рівняння матриць:

$$R \det(R-\lambda)=0. \quad (7)$$

$$RC \det(RC-\lambda)=0. \quad (8)$$

$$E+RC \det(E+RC\lambda)=0. \quad (9)$$

Структура характеристичного рівняння будь-якої матриці описується виразом [1]:

$$(-\lambda)^m + S_1(-\lambda)^{m-1} + S_2(-\lambda)^{m-2} + \dots + S_{m-1}(-\lambda) + S_m = 0, \quad (10)$$

де  $m$  – порядок матриці;  $S_i$  – суми головних мінорів  $i$ -го порядку ( $1 \leq i \leq m$ ).

Процес перемноження матриці на коефіцієнт  $c$  призводить до перемноження всіх її елементів на цей коефіцієнт, тому при переході від матриці  $R$  до матриці  $RC$  в рівнянні (10) значення  $S_1$  перемножують на  $c$ , значення  $S_2$  – на  $c^2$  і т.д. Якщо одночасно розділити перший член рівняння (10) на  $c^n$ , другий на  $c^{n-1}$  і т.д., то в результаті розв'язування залишиться незмінним. Тому, власні числа матриці  $RC$  і  $R$  пов'язані співвідношенням

$$\lambda_q(RC) = c\lambda_q(R), \quad (11)$$

Аналітично можна показати, що:

$$\lambda_q(E+RC) = 1+c\lambda_q(R). \quad (12)$$

Таким чином, стійкість системи регулювання залежить від складу власних чисел матриці  $R$  та значень коефіцієнта  $c$ . Якщо всі власні числа  $\lambda_q(R) > 0$ , то існують такі від'ємні значення  $c$ , при яких всі власні числа ма-

триці  $S$  задовольняють умову стійкості. Якщо всі власні числа  $\lambda_q(R) < 0$ , тобто матриця  $R$  від'ємна визначена, то стійкість досягається при позитивних значеннях  $c$ .

Найбільше абсолютне значення  $c$ , при якому забезпечується стійкість позитивно визначеної матриці, можна визначити з виразу (4):

$$1 + c\lambda_{max} = -1, \quad (13)$$

де  $\lambda_{max}$  – найбільш власне число матриці  $R$ .

Найменше абсолютне значення  $c$  прямує до нуля. Тому, коефіцієнт  $c$  для позитивно визначеної матриці  $R$  повинен знаходитися в межах :

$$-\frac{2}{\lambda_{max}} < c < 0. \quad (14)$$

Аналогічно для від'ємно визначеної матриці  $R$  одержимо вираз:

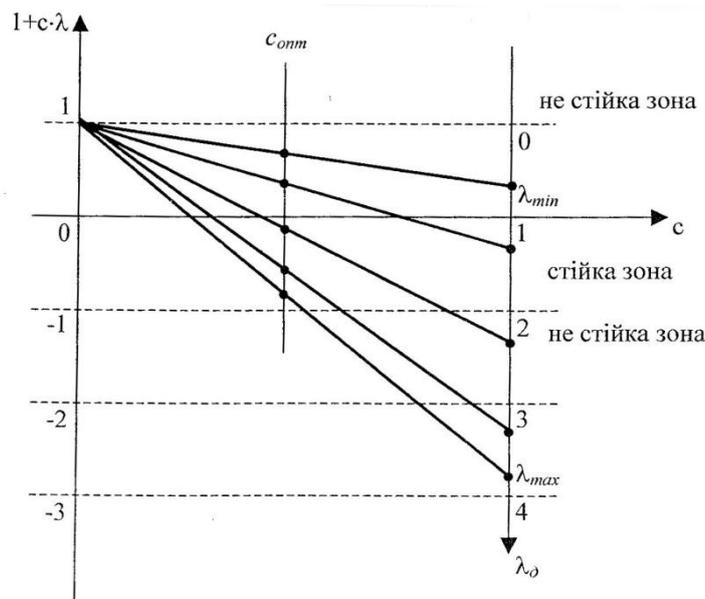
$$0 < c < -\frac{2}{\lambda_{max}}. \quad (15)$$

Оптимальний коефіцієнт  $c$ , при якому значення відхилень буде найшвидшим, залежить від двох крайніх значень у спектрі  $\lambda_q(R)$ : максимального  $\lambda_{max}$  і мінімального  $\lambda_{min}$ . При цьому необхідно, щоб відповідні канонічні складові затухали рівномірно, тобто  $-(1 - c\lambda_{max}) = 1 - c\lambda_{min}$ .

Звідси отримаємо оптимальне значення коефіцієнта  $c_{opt}$ :

$$c_{opt} = \frac{2}{\lambda_{max} + \lambda_{min}}. \quad (16)$$

За такої умови всі інші складові затухають швидше.



**Зміна спектра власних чисел при позитивно визначеній матриці  $R$  і від'ємному коефіцієнті  $c$**

Зміну спектра власних чисел  $R$ ,  $RC$  і  $E+RC$  при виборі коефіцієнта  $c$  показано на рисунку.

Спектр власних чисел матриці  $R$  показано точками на вертикальній лінії, яке відповідає значенню  $c = -1$ .

Похили прямі показують залежність чисел матриці  $S$  від величини  $c$ . Точками на вертикальній лінії показано значення власних чисел матриці  $S$ , які використовуємо при виборі коефіцієнта  $c$ .

Чим ближче розміщуються межі спектра матриці  $R$ , тим менше значення власних чисел  $c_{opt}$ , менші за модулем два крайні значення власних чисел матриці  $S$ , а тому швидше затухає процес у цілому.

Враховуючи те, що взаємодіючими елементами технологічних систем є окремі види технологічного обладнання, різні види сировини та енергоносіїв, то доводиться використовувати велику кількість інформаційних матеріалів.

Якщо простий варіант системи керування буде стійким, то її можна замінити простими регуляторами дискретної дії на окремих елементах технологічної системи.

### Висновки

1. Запропонована методика дозволяє формалізувати кількісні та якісні ознаки технологічних систем та створити алгоритмічну і програмну базу для їх керування.

2. Якщо простий варіант системи керування не підходить унаслідок того, що матриця  $S$  не є позитивно або негативно визначеною, а використання зворотної також непридатне, то необхідно підібрати таку матрицю  $c$ , яка залишаючись діагональною, забезпечить стійкість за рахунок використання різних значень елементів.

3. Проектуючи систему керування для конкретного об'єкта, потрібно створити його умовно повну модель. За допомогою цієї моделі розрахувати матриці  $R$  для різних режимів роботи, визначити границі спектрів власних чисел і розглянути варіанти узгодження регулятора з об'єктом. Враховуючи приблизно однакові затрати кращим можна вважати варіант, який забезпечує найбільший запас стійкості.

### Список літератури

1. Корчемний М.О. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щербань В.П. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

2. Либерман Н.Г. Автоматизированное проектирование оптимальных технологических систем пищевой промышленности / Либерман Н.Г., Бурда Б.О., Полторан А.О. – М: Легкая и пищ. пром-сть, 1981. – 260 с.

3. Толков Ю.К. Системный анализ и методология автоматизированного проектирования непрерывных технологических производств / Ю.К. Толков. – М.: Академия народного хозяйства СССР, 1978. – 158 с.

*Рассмотрена методика выбора системы управления технологическими процессами биогазовых установок, как составной части всей технологической системы.*

***Биогазовые установки, матрица, система управления, стойкость регулирования.***

*It is shown choice method of process control of biogas installation as a part of the whole technological system.*

***Biogas installation, matrix, control system, adjusting firmness.***

УДК 631.53

## **ВПЛИВ МІКРОХВИЛЬОВОГО ОПРОМІНЕННЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

***І.М. Соловей, кандидат технічних наук***

***І.С. Соловей, студент магістратури***

***ВП НУБіП України “Бережанський агротехнічний інститут”***

*Досліджено вплив мікрохвильового опромінювання насіння зернових культур з метою збільшення їх проростання та росту рослин. Встановлено позитивний вплив у підвищенні посівних якостей та врожайних властивостей насіння.*

***Мікрохвильове поле, час обробки, потужність, частота.***

Проблема забезпечення потреби країни продуктами рослинництва є досить гостра та актуальна. Збільшення виробництва й підвищення якості продукції можливо шляхом зменшення втрат врожаю від хвороб, грибків та бактерій при зберіганні, а також при максимальному використанні потенційних біологічних можливостей насіннєвого матеріалу. Інтенсивне застосування хімічних засобів для передпосівної обробки насіння, а також використання в землеробстві пестицидів, гербіцидів та мінеральних добрив одночасно з підвищенням продуктивності рослин неминує викликає цілий ряд небажаних явищ екологічного та економічного плану. Тому, вчені і практики ряду розвинених країн переходять на альтернативні системи землеробства [2].

Застосування отруйних хімікатів для обробки насіннєвого матеріалу призводить до непоправного екологічного збитку. Тому, на сучасному етапі розвитку сільського господарства все більше уваги приділяється використанню екологічно чистих методів обробки насіння сільськогосподарських культур з метою збільшення врожайності та покращення зберігання.