УДК 631.17.002

ВИБІР МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ (САК)

Єсіпов О.В., к.т.н., доц., Поляшенко С.О., к.т.н., доц., Українець О.С., студ.
Харківський національний технічний університет сільського господарства имені Петра Василенка

Точність руху МТА істотно залежить від вибору моделі САК, яка визначається на стадії проектування, і підтримки в експлуатації параметрів САК в допустимих межах.

Вступ. Для підвищення якості виконання технологічних операцій з догляду за посівами необхідно обробляти не менш 80 % площі міжрядь, при припустимому до 3 % агротехнічними вимогами вирізання культурних рослин. Це може бути досягнуто в основному за рахунок удосконалення системи автоматичного керування.

Точність руху МТА істотно залежить від вибору моделі САК, яка визначається на стадії проектування, і підтримки в експлуатації параметрів САК в допустимих межах.

Метою дослідження є обґрунтування рекомендацій, щодо вибору моделі системи автоматичного керування.

Ідеальна (оптимальна) модель САК з n входами реалізує функцію такого вигляду:

$$z_{опт} = \varphi_{опт}(S_1, S_2, S_3) \tag{1}$$

де: $S_1, S_2, ..., S_n$ - сигнали на $1, 2, ..., n$ - входах системи.

Ідеальну модель (1) на практиці реалізувати в загальному випадку неможливо внаслідок труднощів технічної реалізації. Реальна модель (1) може бути отримана методами апроксимації функціональних залежностей [1] або на фізичній моделі САК. Апроксимація залежності (1) пов'язана з великим обсягом обчислювальних робіт і не завжди навіть при застосуванні ЕОМ призводить до необхідних результатів.

При застосуванні фізичної моделі [2] виготовляється макет САК з достатнім ступенем точності реалізує залежність (1), яка досліджується в подальшому при подачі на вхід сигналів

$$S_i = S_{i0} + \Delta S_i \cos\tau_i, \quad i = \overline{1, n} \tag{2}$$

де: S_{i0}, ΔS_i – постійна складова і амплітуда i-го еталонного сигналу;
$\tau_i = \Omega_i t + \varphi_i$; Ω, φ_i – кругова частота і початкова фаза.

Характеристики еталонних сигналів вибираються рівними

$$S_{i0} = \frac{1}{2}(S_{i\min} + S_{i\max}); \ \Delta S_i = \frac{1}{2}(S_{i\max} + S_{i\min}),$$

де: $S_{i\min}$, $S_{i\max}$ - межі можливих змін сигналу на *i*-му вході системи.

При впливі сигналів (2) на еталонну систему сигнал на її виході змінюється за законом, який записується у вигляді n-кратного ряду Фур'є

$$z_{onm} = A_0 + \frac{1}{2}\sum_{k1,k2,...kn=-\infty}^{\infty} A_{k1,k2,...kn} \cos\left(k_1\tau_1 + k_2\tau_2 + ... + k_n\tau_n\right), \qquad (3)$$

де хоча б для одного з коефіцієнтів виконується умова $k_i \neq 0$.

Значення коефіцієнтів розташування вихідного сигналу САК в ряд Фур'є (3) легко визначаються за допомогою аналізатора спектра. З цією метою в (3) замінимо косинуси сум кутів добуток косинусів крайніх дуг

$$z_{onm} = A_0 + 2^{n-1}\sum_{k1,k2,...kn=0}^{\infty} A_{k1,k2,...kn} \cos k_1\tau_1 ... \cos k_n\tau_n \,. \qquad (4)$$

Оскільки $\cos k_1\tau_i = 2^{k_i - 1}T_{k_i}(\cos\tau_i)$ [3], де $T_k(\cdot)$ – поліном Чебишева k_i-го порядку. В цьому випадку з урахуванням (1) і (4), обмежуючись k членами, знаходимо розкладання функції (1) по поліномах Чебишева в наступним виді

$$z_{onm} \approx z = A_0 + 2^{n-1}\sum_{k1,k2,...kn=0}^{\infty} A_{k1,k2,...kn} \prod_{i=1}^{n} 2^{k1-1} T_{ki}\left(\frac{S_i - S_{i0}}{\Delta S_i}\right). \qquad (5)$$

Для системи з одним входом ($n = 1$) маємо

$$z = A_0 + \sum_{k=1}^{k} 2^{n-1} A_k T_k\left(\frac{S - S_0}{\Delta S}\right). \qquad (6)$$

Рівняння (6) найбільш прийнятно для опису моделі САК МТА при міжрядної обробки просапних культур. Дана модель реалізує один вхід, а саме відхилення копіру від напрямку рядка цукрових буряків.

Створення моделі САК у вигляді (6) і (5) дозволяє формалізувати операції визначення коефіцієнтів розкладання ідеальної моделі в ряд Фур'є, коефіцієнти якого визначаються за допомогою аналізатора спектра. При такому підході будь-яка модель САК може бути виготовлена і з уніфікованих блоків (електронних, гідравлічних і т.д.), вимоги до точності функціонування яких закладаються і підтримуються в експлуатації.

Складові частини САУ включають агрегати різної фізичної природи (механічні, електричні, гідравлічні тощо) [4], вимоги до точності функціонування яких можуть бути формалізовані по дисперсії похибки САК:

$$\sigma_{\Delta z}^2 = \sum_{i=1}^{m} A_i \sigma_{\Delta xi}^2 + 2\sum_{i=j}^{m} A_{ij} r_{ij} \sigma_{\Delta xi} \sigma_{\Delta xj} \,, \qquad (7)$$

де: $A_i = \sum_{l=1}^{L} P_l h_{il} a_{il}^2;\; A_{ij} = \sum_{l=1}^{L} P_l h_{il} a_{jl}^2;$

a_{il} – коефіцієнти впливу первинного параметра на похибку САК;

$\sigma_{\Delta xi}$ – середньоквадратичне відхилення похибки $\Delta x_i = x_i - x_{i\text{н}}$, рівне σ_{xi}^2.

Вхідні в (7) дисперсії $\sigma^2_{\Delta xi}$ є сумами дисперсій складових частин САК. При необхідності забезпечення точності руху МТА вимоги до дисперсії похибок складових частин САК пред'являються незалежно від параметрів системи і фізичних причин їх виникнення. Для даного випадку формула (7) записується у вигляді

$$\sigma^2_{\Delta z} = \sum\nolimits_{q=1}^{M} \sigma^2_{\Delta zq} + 2\sum\nolimits_{q \lhd k}^{M} r_{qk} \sigma_{\Delta zq} \sigma_{\Delta zk}\,, \tag{8}$$

де: $\sigma_{\Delta zq}$ – середньоквадратичне відхилення q-й приватної похибки;

$M - 5m$ – загальне число приватних похибок САК.

Рішення задачі забезпечення максимальної ймовірності безвідмовної роботи САК по точності функціонування вирішується при допущенні, що первинні параметри x_q складових частин САК взаємно незалежні. Для даного випадку максимум ймовірності безвідмовної роботи САК записується у вигляді

$$P = \Pi_{q=1}^{M} P_q\left(\delta_q\right), \tag{9}$$

де: P_q – ймовірність знаходження значень первинного параметра системи x_q протягом заданого часу в межах поля допуску $2\delta_q$.

Враховуючи, що $P_q = \alpha_q \cdot \delta_q$, залежність (9) запишемо у вигляді

$$P = \alpha \Pi_{q=1}^{M} \delta_q\,, \tag{10}$$

де: $\alpha = \Pi_{q=1}^{M} \alpha_q$;

M – загальне число первинних параметрів САК;

α_q – допуск на q-й параметр складової частини САК.

Відповідно до методу Лагранжа вводимо, наприклад, при $M = 2$ з урахуванням (8) (при $r_{qk} = 0$) допоміжну функцію

$$\Phi(\lambda) = \delta_1 \delta_2 + \lambda\left(\frac{\delta_1^2}{k_1^2} + \frac{\delta_2^2}{k_2^2}\right), \tag{11}$$

де: δ_1, δ_2 – поле допуску 1, 2-го параметра;

K_1, K_2 – довірчі коефіцієнти на 1,2-й параметр (задаються необхідною точністю САК).

З умови екстремуму функції (11)

$$\frac{\partial \phi(\lambda)}{\partial \delta_1} = \delta_2 + 2\lambda \frac{\delta_1}{k_1^2} = 0; \quad \frac{\partial \phi(\lambda)}{\partial \delta_2} = \delta_1 + 2\lambda \frac{\delta_2}{k_2^2} = 0;$$

отримуємо $K_1^{-1}\delta_1 = K_2^{-1}\delta_2$. За аналогією з рішенням задачі для $M = 2$ можна показати, що при довільному числі M первинних параметрів складових частин

САК для отримання максимальної ймовірності (10) для пари допусків повинно виконуватися рівність

$$K_q^{-1}\delta_q = K_l^{-1}\delta_l \,. \qquad (12)$$

Підставляючи (12) в (7) при $r_{qk} = 0$ і $\sigma_{\Delta z} \le \sigma_3$, одержимо

$$\delta_q \le \frac{k_q \delta_2}{\nu M}\,, \qquad (13)$$

де: δ_3 - заданий допуск функціонування САК.

При виконанні умови (13) поле розсіювання похибок САК з n-складовими частинами буде мінімальним, а її дисперсія буде задовольняти заданим середньо квадратичного відхилення даної похибки [5].

Висновки. Найбільше значення на функціональну точність САК дають складові частини, призначені для вимірювання відхилення копіювального елемента від траєкторії оброблюваного рядка цукрових буряків.

Список використаних джерел

1. Корн, Г. Справочник по математике [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1974. – 831с.
2. Савин, С.К. К вопросу апроксимации функций, заданных графически [Текст] / С.К. Савин. – Радиотехника, 1974. – №2. – С. 82-84.
3. Пашковский, С.Л. Вычислительные применения многочленов и рядов Чебышева [Текст] – С.Л. Пашковский. – М.: Наука, 1971. – 384 с.
4. Лебедев, А.Т. Гидропневматические приводы тракторных агрегатов [Текст] / А.Т. Лебедев. – М.: Машиностроение, 1982. – 186 с.
5. Михайлов, А.В. Точность радиоэлектронных устройств [Текст] / А.В. Михайлов, С.К. Савин. – М.: Машиностроение, 1976. – 214 с.

Аннотация

ВЫБОР МОДЕЛИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ (САУ)

Есипов А., Поляшенко С., Украинец А.

Точность движения МТА существенно зависит от выбора модели САУ, которая определяется на стадии проектирования и поддержки в эксплуатации параметров САУ в допустимых пределах.

Abstract

SELECT MODELS OF THE AUTOMATIC CONTROL (SAC)

A. Esipov, S. Polyashenko, A. Ukrainets

Accuracy of movement MTU essentially depends on the model of SAC, which is determined at the design stage, and support of user settings SAC within acceptable limits.