

Підвищення якості контролю параметрів в мобільних енергетичних установках

І. В. Нездвєцька,

к. т. н., доцент, викладач спеціальних дисциплін,

М. В. Дурас

викладач спеціальних дисциплін,

(Житомирський агротехнічний фаховий коледж)

Розглянуто перспективи удосконалення автотракторних газогенераторних установок шляхом впровадження засобів автоматизації системи. Визначені зони та пристрої системи, доцільність забезпечення яких засобами автоматизації очевидна. Одночасно з цим запропоновано удосконалити прилади вимірювання параметрів системи з компенсацією температурного впливу.

Ключові слова: автоматизація, датчик, газогенератор, температура.

Постановка проблеми

Традиційно для забезпечення керування процесами в роботі енергетичних установок, призначених для високоефективної енергоконверсії рослинної сировини (газогенератори, піролізні, біогазові тощо), їх комплектація здійснювалась системами, побудованими на основі засобів релейно-контактної автоматики, або вони не були оснащені автоматикою взагалі [1, 2, 3]. Системи, побудовані подібним чином, не могли відповідати умовам точності та якості регулювання, що призводило до зниження якості роботи енергогенеруючої системи в цілому. Виникла необхідність впровадження високонадійних і швидкодіючих систем автоматики, в основі яких використовуються останні досягнення електроніки й автоматики.

Підвищення експлуатаційних характеристик енергетичного обладнання, призначеного для енергоконверсії рослинної сировини, у тому числі і мобільного, доцільно досягти за рахунок відповідним чином організованих режимів теплоенергоутворення шляхом регулювання ряду параметрів, які можуть впливати на процеси запалювання, горіння та ін. [3, 4]. Оптимізація керування роботою таких установок надасть можливість значно покращити якість їх роботи і наблизити зручність використання до рівня традиційних. Для цього необхідний контроль параметрів з використанням високонадійних і точних реєструючих приладів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз попередніх досліджень показав, що найбільш складним з точки зору керування є режим з динамічною зміною навантаження [3, 4]. Газогенераторні двигуни показують досить непогані результати роботи там, де майже не змінюється динамічне навантаження. Але робота подібного двигуна в змінному режимі навантажень потребує удосконалення [1, 3]. Це пов'язано із тим, що усі теплові установки – інерційні об'єкти, і при швидкій зміні режимів роботи виникає перерегулювання системи (рис. 1). Тому основною проблемою при автоматизації таких об'єктів є зменшення інерційності і перерегулювання. Це можливо через зменшення періоду стабілізації (рис. 1), або через зменшення амплітуди коливань параметра регулювання. В нашому випадку це відповідає зменшенню перевитрати палива і впливає на ходові характеристики автотракторних двигунів [1].

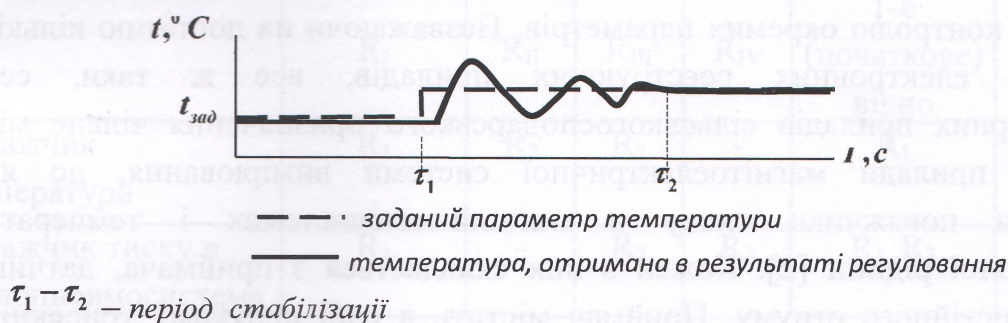


Рис. 9. Характеристика зміни за часом температури об'єкта керування

У такому випадку доцільним є застосування багатоконтурних систем керування, у яких замість безпосереднього контролю заданого параметра можна здійснити контроль відповідним чином підібраних допоміжних змінних, які характеризуватимуть стан об'єкта [4].

Пріоритетним є модульний принцип побудови автоматизованих систем. Він дозволяє укомплектувати систему під конкретну ситуацію і технологічний процес, а також підключати додаткові контури керування і контролювати їх роботу за допомогою установки відповідного модуля – без заміни командного модуля в цілому [4].

Оснoву систем автоматичного керування для теплоенергетичних установок складають датчики, що сприймають не тільки інформацію про величину, що вимірюється, але і вплив широкого спектру факторів, що впливають на їх експлуатацію в жорстких умовах. Апаратура, що застосовується для цих цілей, піддається найбільш зосередженому та комплексному впливу дестабілізуючих факторів, насамперед температурних

навантажень. Вплив на метрологічні характеристики датчиків швидкозмінних температур є одним з найважливіших факторів, який визначає можливість застосування цих датчиків у кожному конкретному випадку [3, 4, 5].

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми

Забезпечення стабільності та точності вимірювання динамічних параметрів газогенераторних установок є актуальною проблемою, яка раніше практично не розглядалась.

Формулювання цілей

Одним з найефективніших методів компенсації температурних похибок датчиків є зменшення чутливості метрологічних характеристик датчика до температури.

Виклад основного матеріалу дослідження

Наразі існує велика кількість приладів і пристроїв, призначених для індикації і контролю окремих параметрів. Незважаючи на достатню кількість на ринку електронних реєструючих приладів, все ж таки, серед автотракторних приладів сільськогосподарського призначення чільне місце посідають прилади магнітоелектричної системи вимірювання, до яких відносяться показники тиску в маслопневмосистемах і температури охолоджуючої рідини [2]. Кожен з них складається з приймача, датчика і джерела постійного струму. Приймач містить в собі нерухому трисекційну обмотку і термокомпенсаційний резистор, який має відносно малий температурний коефіцієнт опору і тим самим зменшує вплив температури зовнішнього середовища на покази приладів.

Заміна одноконтурних схем в подібних приладах двоконтурними дозволить ліквідувати додатковий опір, який присутній в одноконтурній схемі. Секції(я) другого вікна обмотки запаралелена термокомпенсаційним резистором (рис. 2).

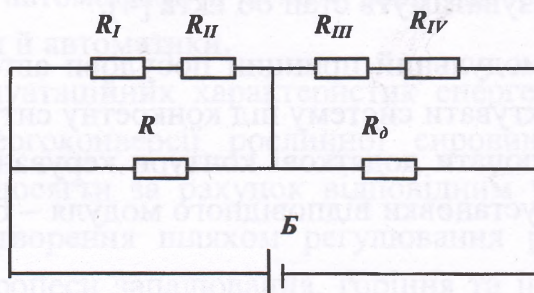


Рис. 10. Універсальна двоконтурна електрична схема заміщення приладів

R_I - R_{IV} – електричний опір секцій обмотки, R – електричний опір термокомпенсаційного резистора, R_0 – електричний опір датчика (в показниках рівня тиску датчик реостатного типу, в показниках температури – терморезистивного), B – джерело постійного струму

Належність резистивних елементів схеми до того чи іншого приладу в залежності від призначення та особливості розміщення секцій обмотки на каркасі наведені в таблиці.

Секції обмотки з опорами R_2, R_3 в показчику температури і R_1, R_3 в показчику тиску містяться в одному вікні обмотки і протилежно намотані, секції обмотки R_1 в показчику температури, R_2 в показчиках тиску зміщені в просторі відносно двох перших на 90° .

Таблиця 8

Належність резистивних елементів до приладів

Назва приладу	Належність резистивних елементів				Розміщення секцій обмотки на каркасі	
	R_I	R_{II}	R_{III}	R_{IV}	1-е (початкове) вікно	2-е вікно обмотки
Показчик температури	R_1	R_2	R_3	-	R_1	R_2, R_3
Показчик тиску в маслопневмосистема	R_1	-	R_2	R_3	R_1, R_3	R_2

Кут відхилення стрілки приладу буде визначатися за формулою:

$$\alpha = \arctg \frac{H_3 - H_1}{H_2}, \quad (1)$$

де H_1, H_2, H_3 – напруженість магнітних полів, утворених обмотками $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ із опорами R_1, R_2, R_3 відповідно.

Позначивши струм у секції ω_1 через I_1 , струм у секціях ω_2, ω_3 – I_2 і врахувавши, що напруженість магнітного поля пропорційна ампер-виткам, тобто в загальному вигляді $H = kI \cdot \omega$, формула (1) матиме вигляд:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{\omega_3}{\omega_2} - \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{I_1}{I_2} \right). \quad (2)$$

Зважаючи на те, що відношення струмів гілок контурів обернено пропорційне їх опорам (коли струми у датчику I_d і термокомпенсаційному резисторі I_R можна представити як $I_d = I_3 R_3 / R_d$, $I_R = I_2 (R_1 + R_2) / R$) і, врахувавши, що сума струмів гілок кожного з контурів однакова (справедлива рівність $I_3 + I_d = I_2 + I_R$), виразимо відношення струмів I_1 / I_2 через відношення відповідних опорів і підставимо у формулу (2). Тоді для показчика тиску масла в пневмосистемі:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{\omega_3}{\omega_2} - \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{1 + \frac{R_2 + R_3}{R_d}}{1 + \frac{R_1}{R}} \right), \quad (3)$$

а для показчика температури охолоджуючої рідини:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{\omega_3}{\omega_1} \cdot \frac{1 + \frac{R_1 + R_2}{R}}{1 + \frac{R_3}{R_d}} - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right). \quad (4)$$

Формули (3), (4) свідчать, що покази приладів залежать не тільки від даних обмотки, а й від електричного опору елементів схеми. Якщо датчики реостатного типу і термокомпенсаційні резистори практично не змінюють електричного опору від коливань температури t зовнішнього середовища, так як вони виготовлені з термостабільних матеріалів, то мідний тепловологостійкий дріт, з якого намотуються секції обмотки, має досить великий температурний коефіцієнт ($K_t = 0,04$ на 10°C). З урахуванням того, що зміною електричного опору датчиків реостатного типу і термокомпенсаційних резисторів від зміни температури можна знехтувати і що при зміні температури зовнішнього середовища електричний опір R_1, R_2, R_3 кожної із секцій обмотки змінюється у відповідності з залежністю:

$$R_t = R(1 + K_t \cdot t), \quad (5)$$

формули (3), (4) матимуть вигляд:

$$\alpha_t = \arctg \left(\frac{\omega_3}{\omega_2} - \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{1 + (R_2 + R_3)(1 + K_t \cdot t) / R_d}{1 + R_1(1 + K_t \cdot t) / R} \right), \quad (6)$$

$$\alpha_t = \arctg \left(\frac{\omega_3}{\omega_2} \cdot \frac{1 + (R_1 + R_2)(1 + K_t \cdot t) / R}{1 + R_3(1 + K_t \cdot t) / R_d} - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right). \quad (7)$$

Вплив температури зовнішнього середовища на відхилення рухомої системи α_t буде мінімальним, якщо похідні від виразів (6), (7) прирівняти до нуля. Для формули (6) ця умова буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \alpha_t}{\partial t} = & \frac{1}{1 + \left[\frac{\omega_3}{\omega_2} - \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{1 + (R_2 + R_3)(1 + K_t \cdot t) / R_d}{1 + R_1(1 + K_t \cdot t) / R} \right]^2} \cdot \left(-\frac{\omega_1}{\omega_2} \right) \times \\ & \times \frac{K_t [1 + (1 + K_t \cdot t) R_1 / R] \cdot (R_2 + R_3) / R_d - K_t [1 + (1 + K_t \cdot t) (R_2 + R_3) / R_d] \cdot R_1 / R}{[1 + (1 + K_t \cdot t) R_1 / R]^2} = 0. \end{aligned}$$

Для формули (7):

$$\frac{\partial \alpha_t}{\partial t} = \frac{\omega_3 / \omega_1}{1 + \left[\frac{\omega_3}{\omega_1} \cdot \frac{1 + (R_1 + R_2)(1 + K_t \cdot t) / R}{1 + R_3(1 + K_t \cdot t) / R_0} - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right]^2} \times$$

$$\times \frac{K_t [1 + R_3(1 + K_t \cdot t) R_1 / R_0] \cdot (R_1 + R_2) / R - K_t [1 + (1 + K_t \cdot t)(R_1 + R_2) / R] \cdot R_3 / R_0}{[1 + (1 + K_t \cdot t) R_3 / R_0]^2} = 0.$$

Прирівняти до нуля можна тільки чисельники другого множника, так як решта складових не можуть бути рівними нулю. Після відповідних перетворень одержимо рівності, дотримуючись яких досягається мінімальний вплив температури навколишнього середовища на покази приладів.

Для показчика тиску в маслопневмосистемах:

$$R_1 R_0 = (R_2 + R_3) R, \quad (8)$$

для показчика температури охолоджуючої рідини:

$$R_3 \cdot R = (R_1 + R_2) \cdot R_0. \quad (9)$$

Повністю усунути температурну похибку на всьому діапазоні вимірювання в межах розхилу шкали неможливо, бо опір датчиків – величина змінна. Проте шляхом підбору опорів R , R_1 , R_2 , R_3 можна звести до мінімуму температурну похибку, а на найбільш важливих ділянках шкали її взагалі ліквідувати.

Пошук оптимальних співвідношень резистивних параметрів пов'язаний зі зміною електричних опорів секцій обмотки R_1 , R_2 , R_3 , а отже, зі зміною моткових даних обмотки ω_1 , ω_2 , ω_3 і характеру шкали приладів.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Оснащення газогенераторів надійними системами автоматичного (автоматизованого) керування – це значний крок уперед щодо впровадження даних установок у виробництво. Застосування вищезазначених методів наблизить зручність використання газогенераторних двигунів до традиційних бензинових і надасть можливість використовувати їх в господарській діяльності із значним зменшенням витрат на енергоресурси.

Вираз електричних опорів секцій обмоток через їх моткові дані забезпечує можливість прискореного визначення оптимального співвідношення резистивних параметрів електричної схеми для зведення до мінімуму впливу температури на покази приладів з одночасним здійсненням контролю за зміною характеру шкали від зміни моткових даних.

Перспективи подальших досліджень слід зосередити на створенні системи автоматизованого управління газогенераторною установкою транспортного типу з максимальним використанням надійних елементів і пристроїв реєстрації і керування.

Список використаних джерел

1. Павловский Н.П., Орлов С. Ф. Автомобильно-тракторные газогенераторные установки. М.:Гостехиздат, 1939. 384 с.
2. Попов В.А. Автотракторные приборы. М.: Машиностроение, 1960. 260 с.
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. М.:Энергоатомиздат, 1985. 296 с.
4. Теория топочных процессов / под ред. Г.Ф.Кнорре, И.И.Палеева. Л.:Энергия, 1966. 491 с.
5. Маланин В. П., Кикот В. В., Ефимов П. Н. Коррекция температурной погрешности пьезоэлектрических датчиков давления для изделий космической техники. *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*. 2016, том 3, выпуск 1, С. 72–78

IMPROVEMENT IN THE QUALITY OF PARAMETER CONTROL IN MOBILE POWER PLANTS

The article considers the opportunity of auto tractor gas generating plants improvement due to the introduction of means of system automation. Special attention is given to the definition of system zones and devices; the feasibility of providing them with the means of automation is obvious. Simultaneously it is suggested to improve the devices for measuring system parameters with compensation for temperature effects on them.

Key words: automation, sensor, gas generator, temperature.