

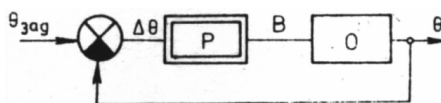
ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЧНО РЕГУЛИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРА С ДВУПОЗИЦИОНЕН РЕГУЛАТОР

Цел на упражнението е запознаване с принципа на двупозиционното регулиране, изследване работата на система за автоматично регулиране (САР) с двупозиционен регулатор, при различни настройки на регулатора и с различни в динамично отношение обекти, чрез определяне на показателите на качеството на преходния процес.

ТЕОРЕТИЧНИ ПОЛОЖЕНИЯ

При двупозиционният закон на автоматично регулиране, изходната величина на регулатора, приема само две фиксирани стойности - максимална и минимална. От инженерна гледна точка, това е най-простият закон за автоматично регулиране, тъй като може да бъде реализиран само с помощта на елементи с релейна статична характеристика. Въвеждането в САР на нелинеен елемент, изменя качествено и количествено динамиката на процесите в нея. Работата на такава САР се характеризира с наличие на устойчиви, незатихващи колебания (автоколебания) на регулираната величина в установен режим.

На фиг. 14.1 е показана блоковата схема на САР на топлинен обект с двупозиционен регулатор.

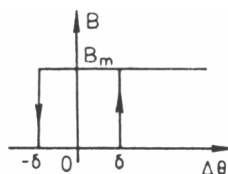


Фиг. 14.1 Блокова схема на САР на топлинен обект с двупозиционен регулатор

(*P* – двупозиционен регулатор; *OY* - обект за управление; θ - регулирана величина; $\theta_{зад}$ - зададена стойност на регулираната величина; $\Delta\theta$ - отклонение на регулираната величина от зададената стойност; *V* - регулиращо въздействие - енергия, подавана към/отнемана от *OY*)

Реалните двупозиционни регулиращи устройства имат статична характеристика с хистерезисен характер (фиг. 14.2), където δ е половината от зоната на нечувствителност ε на регулатора.

За симетричен хистерезисен цикъл $\varepsilon = 2\delta$, а за несиметричен $\varepsilon = |\delta_1| + |\delta_2|$. При $\Delta\theta > \delta$, регулаторът формира максимално регулиращо въздействие - V_m , а за $\Delta\theta < -\delta$, регулиращото въздействие е нулево (не се подава енергия; възможно е обаче и отнемане на енергия от обекта с помощта на хладилен агент).



Фиг. 14.2 Статична характеристика на двупозиционен регулатор

В общия случай регулиращото въздействие се формира по следния закон:

$$B = \begin{cases} B_m & \text{при } \Delta\theta \geq \delta \text{ и } d(\Delta\theta)/dt > 0; \\ 0 & \text{при } \Delta\theta < \delta \text{ и } d(\Delta\theta)/dt > 0; \\ B_m & \text{при } \Delta\theta \geq -\delta \text{ и } d(\Delta\theta)/dt < 0; \\ 0 & \text{при } \Delta\theta < -\delta \text{ и } d(\Delta\theta)/dt < 0; \end{cases} \quad (14.1)$$

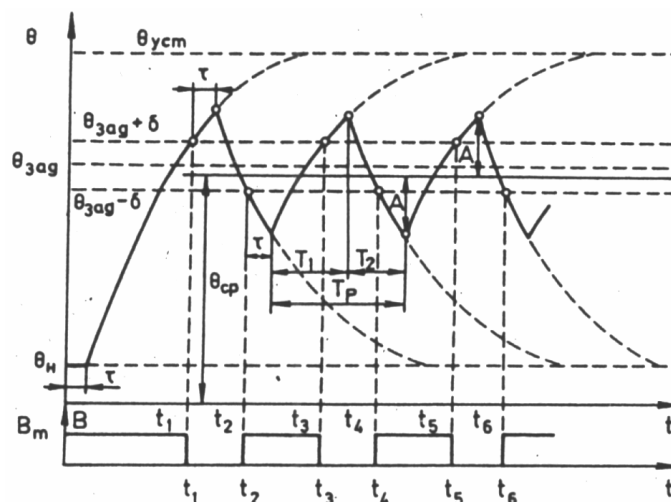
На фиг. 14.3 е показан характерът на изменение на регулираната величина във времето при отсъствие на регулатор и при наличие на двупозиционна САР.

Постановка 1 - реакция на ОУ при входно въздействие в граници $B=0/B_m$ и отсъствие на регулатор.

При тези условия, до момент $t=0$, към обекта не се подава енергия и температурата на изхода му, θ_H е равна на тази на околната среда. Ако в $t=0$, входното въздействие приеме стойност B_m , θ ще започне да нараства от θ_H към $\theta_{уст}$ (пунктирната линия на фиг. 14.3) и след определено време ще я достигне. От установен режим, при $B=0$, θ ще започне да намалява от $\theta_{уст}$ към θ_H .

При така дефинираното входно въздействие и отсъствие на регулатор колебанията на θ ще са в интервала между θ_H и $\theta_{уст}$, а $\theta(t)$ ще се зависи единствено от динамичните параметри на ОУ: τ - време на закъснение, T - времеконстанта и κ - предавателен коефициент, при апроксимацията му към звено от първи ред с чисто закъснение (κ не е еквивалентен с коефициента на полезно действие тъй като може да приема и стойности над 1). Ако обектът за управление е линеен, τ , T и κ ще са еднакви при загряване и охлаждане, а при нелинеен такъв, ще са различни.

Постановка 2 - реакция на обекта при входно въздействие в същите граници ($B=0/B_m$) и наличие на двупозиционен регулатор. В този случай, след първоначално включване на САР, за интервала от време $t=0 \div t_1$, към обекта също ще се подава максимално регулиращо въздействие, тъй като $\theta < \theta_{зад}$. Температурата му отново ще започне да се повишава от θ_H към $\theta_{уст}$.



Фиг. 14.3 Автоколебателен процес в САР при двупозиционно регулиране

След достигане обаче на θ до стойност $\theta_{зад} + \delta$ (момент t_1), B ще приеме стойност нула. Поради инерционността на ОУ (τ), температурата му ще продължи да се увеличава, след което ще започне да намалява. Когато $\theta(t)$ достигане $\theta_{зад} - \delta$ (момент t_2), регулаторът отново ще подаде максимално регулиращо въздействие B_m . При все това, температурата на обекта ще продължи да намалява, след което ще започне да се увеличава и т.н. В установен режим на работа в САР ще са налице незатихващи колебания на θ с постоянна амплитуда и честота. Средната стойност на температурата ще съвпада или не със зададената.

Качеството на преходния процес в САР зависи както от динамиката на ОУ, така и от настройката на двупозиционния регулатор. При идеален релеен регулатор ($\varepsilon=0$ - фиг. 14.3), амплитудата на колебанията на θ ще зависи единствено от времето на закъснение на обекта. Ако той е без закъснение ($\tau=0$), θ ще съвпадне с $\theta_{зад}$. В този идеализиран случай е налице специфичен режим на работа на САР, известен в теорията на автоматичното управление като режим на **хлъзгане** (честотата на превключване на $B \rightarrow \infty$, при амплитуда на колебанията $A \rightarrow 0$). В реални условия такъв режим на работа е неприложим, поради наличие на ограничения свързани с механичната и електрическата износоустойчивост на релейния елемент. Дори при използване на електронно реле колебания на регулираната величина ще са налице, тъй като практически не съществуват технологични обекти без закъснение.

Величините $\Delta\theta_{cp} = \theta_{зад} - \theta_{cp}$, амплитудата A , периодът на колебанията T_p и времената T_1 и T_2 , най-често се използват за оценка на качеството на регулиране в двупозиционна САР и се наричат показатели на качеството на преходния процес. Те се определят аналитично или експериментално.

Аналитично определяне:

$$\theta_{cp} = \frac{1}{2} \left[kB_m + (2\theta_{зад} - 2\theta_H - kB_m)e^{-\frac{\tau}{T}} \right] + \theta_H ; \quad (14.2)$$

$$A = \frac{1}{2} kB_m (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) + \delta e^{-\frac{\tau}{T}} ; \quad (14.3)$$

$$T_1 = T \ln \frac{kB_m - (\theta_{зад} - \theta_H - \delta)e^{-\frac{\tau}{T}}}{(kB_m - \theta_{зад} + \theta_H - \delta)e^{-\frac{\tau}{T}}} ; \quad (14.4)$$

$$T_2 = T \ln \frac{kB_m(1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) + (\theta_{зад} - \theta_H + \delta)e^{-\frac{\tau}{T}}}{(\theta_{зад} - \theta_H - \delta)e^{-\frac{\tau}{T}}} ; \quad (14.5)$$

$$T_p = T_1 + T_2 . \quad (14.6)$$

Експериментално определяне:

При наличие на установени колебания в САР (еднакви във времето стойности на θ_{max} ; еднакви във времето стойности на θ_{min}) се изчисляват:

$$\theta_{cp} = (\theta_{max} + \theta_{min})/2 ; \Delta\theta_{cp} = \theta_{зад} - \theta_{cp} ; A = \theta_{max} - \theta_{cp} = \theta_{cp} - \theta_{min} = (\theta_{max} - \theta_{min})/2 . \quad (14.7)$$

T_1, T_2 , и T_p , се отчитат от графиката, съгласно мащаба на времето.

Работата на двупозиционният регулатор се визуализира и чрез индикатор

на лицевия му панел. При $B=0$ индикаторът изгасва – моменти t_1, t_3, t_5 , а при $B=B_m$, светва - t_2, t_4, t . Тогава:

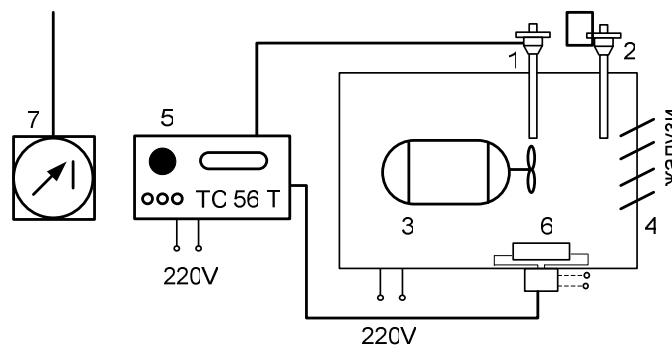
$$\delta = (\theta_{заг.ср} - \theta_{св.ср})/2; \quad \theta_{заг.ср} = (1/n) \sum_{i=1}^n \theta_{i,заг}; \quad \theta_{св.ср} = (1/n) \sum_{i=1}^n \theta_{i,св}, \quad (14.8)$$

където n е броят на наблюденията, а $\theta_{i,заг}$ ($\theta_{i,св}$) са температурите при загасване (светване) на индикатора и наличие на установени колебания.

МЕТОДИЧНИ УКАЗАНИЯ

Схемата на опитната постановка е показана на фиг.14.4. Регулирана величина за изследвания ОУ е температурата на изходящия въздух. Регулиращо въздействие е подаваната към ($B=B_m$)/отнеманата от ОУ ($B=0$) енергия. Възприемащият елемент за температура към входа на двупозиционния регулатор е съпротивителен термометър ТСП 100 - 1. Записващият уред е окомплектован с термодвойка хромел-копел - 2. С 3 е означен вентилаторът за обдухване на ОУ, а чрез 4 се установява съответна позиция на шибъра за разход на въздух.

При $B=0$ регулаторът 5 не подава напрежение към нагревателя 6 на топлинния обект, а при $B=B_m$ към нагревателя се подава номинално захранващо напрежение. Измененията на температурата в обекта се следят визуално чрез дисплея на регулатора и се записват с помощта на регистриращ уред 7.



Фиг. 14.4 Схема на опитната постановка

Упражнението се провежда в следната последователност:

Част 1 - експериментално определяне на динамичните параметри на обекта за управление

- шибър за разхода на въздух през ОУ – в поз.1^{ва}. Вентилатор, регулатор и записващ уред - включени. Задава се стойност на регулатора $\theta_{зад} \gg \theta_{уст}$ (по указание на преподавателя). Подава се захранващо напрежение към нагревателя на ОУ ($B=B_m$). Моментът на включване се отбелязва и върху диаграмната лента на записващия уред;

- сема се преходната характеристика на обекта за управление. Определят се τ, T, k по методиката от лабораторно упражнение №1. Тъй като в (14.2)÷(14.5), участва производението $k B_m$, по-удачно е то да се пресмята като разлика между $\theta_{уст}$ и θ_H .

Дейностите от част 1 се повтарят в същата последователност за позиция 2^{ра} на шибъра за регулиране на разхода на въздух. Изчислените стойности за τ , T и κB_m се нанасят в таблица 14.1:

Таблица 14.1
Динамични параметри на ОУ за позиции на шибъра 1^{ва} и 2^{ра}

Условие на опита	Параметри на ОУ	τ [s]	T [s]	κB_m [°C]
Позиция на шибъра - 1 ^{ва}				
Позиция на шибъра - 2 ^{ра}				

Част 2 - експериментално определяне на настройката на регулатора

- шибър за регулиране на разхода на въздух през ОУ - в позиция 1^{ва}, захранващо напрежение към обекта, вентилатора и регулатора - включено. Настройва се зона на нечувствителност на регулатора (по указания на ръководителя на упражнението). Регистрира се наличието на автоколебания в САР (виж указанията по-горе). Записват се 6 стойности на $\theta_{заг}$ и $\theta_{св}$ в реда - опит 1 на таблица 14.2;

- шибър за регулиране на разхода на въздух през ОУ - в позиция 2^{ра}. Настройва се нова стойност на зоната на нечувствителност на регулатора (по указания на ръководителя). Отново се записват 6 стойности на $\theta_{заг}$ и $\theta_{св}$, в реда – опит 2 на таблица 14.2 за установен режим на работа на САР. Изчислява се δ с помощта на (14.8).

Таблица 14.2
Зона на нечувствителност на двупозиционния регулатор

Настройка	$\theta_{заг} / \theta_{св}$ на индикатора						$\theta_{заг.ср} / \theta_{св.ср}$	δ
опит 1	/	/	/	/	/	/	/	
опит 2	/	/	/	/	/	/	/	

Част 3 - експериментално определяне на показателите на качеството на преходния процес.

- шибър за регулиране на разхода на въздух през ОУ - в позиция 1^{ва}. Зона на нечувствителност на регулатора - като тази в опит 1 (съответно като тази в опит 2). Записват се 4 до 5 периода при работа на САР в установен режим за двата варианта;

- шибър за регулиране на разхода на въздух през ОУ - в позиция 2^{ра}, Зона на нечувствителност на регулатора - като тази в опит 1 (съответно като тази в опит 2). Записват се 4 до 5 периода при работа на САР в установен режим за двата варианта.

Резултатите се нанасят в таблица 14.3.

Таблица 14.3

Установени колебания в САР при различни в динамично отношение обекти и различни настройки на двупозиционния регулатор

условия на опита \ t [s]	0	10	20	30
1-ва; $\delta_1 =$				
1-ва; $\delta_2 =$				
2-ра; $\delta_1 =$				
2-ра; $\delta_2 =$				

Определят се показателите на качеството на преходния процес аналитично по данните от таблица 14.1 и формули (14.2) ÷ (14.6).

Определят се показателите на качеството на преходния процес, експериментално по (14.7) и (14.8). Резултатите се нанасят в таблица 14.4.

Таблица 14.4

Аналитично/експериментално определени показатели на качеството на преходния процес в двупозиционна САР

условие на опита	позиция на шибъра	Показатели на качеството на преходния процес				
		$\Delta\theta_{ср}^{анл} / \Delta\theta_{ср}^{експ}$ [°C]	$A^{анл} / A^{експ}$ [°C]	$T_1^{анл} / T_1^{експ}$ [s]	$T_2^{анл} / T_2^{експ}$ [s]	$T_p^{анл} / T_p^{експ}$ [s]
$\delta_1 =$	1-ва	/	/	/	/	/
$\delta_2 =$	1-ва	/	/	/	/	/
$\delta_1 =$	2-ра	/	/	/	/	/
$\delta_2 =$	2-ра	/	/	/	/	/

Оценява се влиянието на динамичните параметри на ОУ и настройката на регулатора върху показателите на качеството на преходния процес в САР.

ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ:

1. Обяснете принципа на двупозиционното регулиране.
2. Кои са показателите на качеството на преходния процес?
3. От какво зависи амплитудата на колебанията на регулираната величина?
4. Посочете условията за работа на релейна САР без автоколебания?
5. Каква е последователността при провеждане на упражнението?