

Regulacja kotłów na paliwa stałe (3)

Nadażanie
za uchybem

Przykładem jednego z pierwszych regulatorów jest stabilizator prędkości obrotowej maszyny parowej, skonstruowany w roku 1788, przez Jamesa Watta (od jego nazwiska pochodzi nazwa jednostki mocy - wat).

W maszynie parowej skonstruowanej przez Jamesa Watta istotny był problem sterowania mocą. Trudne było utrzymywanie stałych obrotów przy zmieniającym się obciążeniu. Regulator Watta samoczynnie zmniejszał lub zwiększał dopływ pary, utrzymując stałą prędkość obrotową. Jeśli maszyna jest w spoczynku, to ciężarki (kule na rys. 1) znajdują się na samym dole, a przepustnica jest maksymalnie otwarta. Obracające się koło maszyny parowej połączone jest z regulatorem obrotów - kule obracają się z prędkością proporcjonalną do obrotów maszyny. Na kule działa siła odśrodkowa, która wywołuje ich unoszenie w górę. Unoszące się kule powodują zamykanie przepustnicy i zmniejszenie ilości pary dostarczanej do maszyny. Maszyna zwalnia, maleje siła odśrodkowa, kule opadają w dół, przepustnica jest otwierana i dostarcza więcej pary.

Podstawowy schemat regulacji przedstawiony jest na rysunku 2, jest to pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego. Obiekt regulowany posiada wejście sterujące U oraz wyjście Y . Wielkość regulowana Y jest porównywana z wiel-

kością zadaną R . Różnica $E=R-Y$ jest to uchyb regulacji, który stanowi wejście regulatora. Rozważmy najprostszy przypadek, gdy zarówno obiekt, jak i regulator są to zwykłe wzmacniacze: niech obiekt ma wzmacnienie dziesięć, a regulator wzmacnienie jeden.

Możemy napisać poniższe równania:
 $Y=9 \cdot U=9 \cdot E=9 \cdot (R-Y)$

$$10 \cdot Y=9 \cdot R$$

$$Y=0,9 \cdot R$$

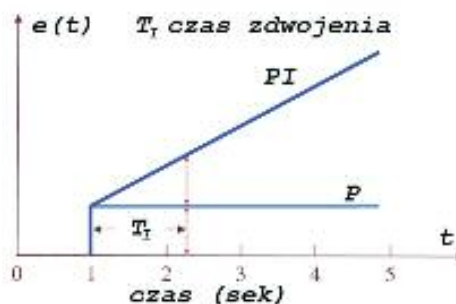
Jeżeli nasz układ regulacji stabilizuje temperaturę pomieszczenia i wartość zadana jest równa $R=20$, to temperatura uzyskana będzie równa $Y=0,9 \cdot R=0,9 \cdot 20=18$. Osiągniemy więc stan pokazany na rysunku 3. Różnica pomiędzy wartością zadaną i osiągniętą temperaturą jest to uchyb statyczny, który wynika z zasady działania regulacji proporcjonalnej. W celu zlikwidowania uchybu statycznego dodano do regulatora człon całkujący, który sumuje uchyb E na wejściu regulatora.

Regulator PI

Powstał regulator proporcjonalno-całkujący PI (ang. Proportional - Integral). Układ regulacji PI wraz z wartościami sygnałów w stanie ustalonym pokazany jest na rysunku 4. Wielkość regulowana Y jest równa zadanej R , uchyb E jest zerowy, czyli nie występuje zjawisko uchybu statycznego. Różne od zera jest natomiast wyjście członu całkującego, który „pamięta” wartość sygnału sterującego, przy której wielkość regulowana jest równa zadanej. Człon całku-

jący nie zmienia swego stanu, gdyż uchyb $E=0$. W momencie pojawienia się niezerowego uchybu E stan członu całkującego zostanie skorygowany w taki sposób, aby zrównać wyjście obiektu z wartością zadaną.

Parametry pracy regulatora PI opisuje się za pomocą liczb: wzmacnienia części proporcjonalnej K_p oraz czasu



zdwojenia T_1 , który charakteryzuje pracę członu całkującego. Są to nastawy regulatora. Definicja czasu wzmacnienia pokazana jest na rysunku 5. Założymy, że uchyb na wejściu regulatora jest stały $E=1$. Wyjście części proporcjonalnej jest wtedy równe K_p . Człon całkujący sumuje stały uchyb, więc jego wyjście narasta liniowo. Szybkość tego narastania zależy od czasu zdwojenia T_1 , który jest równy okresowi, po którym wyjście członu całkującego zrówna się z wyjściem członu proporcjonalnego, czyli nastąpi zdwojenie wyjścia całego regulatora w stosunku do części proporcjonalnej. Zauważmy, że im krótszy jest czas zdwojenia, tym bardziej intensywne jest całkowanie.

PID

W celu dalszej poprawy działania dodano jeszcze człon różniczkujący, uzyskując regulator PID (ang. Proportional - Integral - Derivative). Człon różniczkujący reaguje na zmienność uchybu: w stanie ustalonym wyjście członu różniczkującego jest zerowe. Działanie jest proporcjonalne do szybkości zmian uchybu na wejściu

