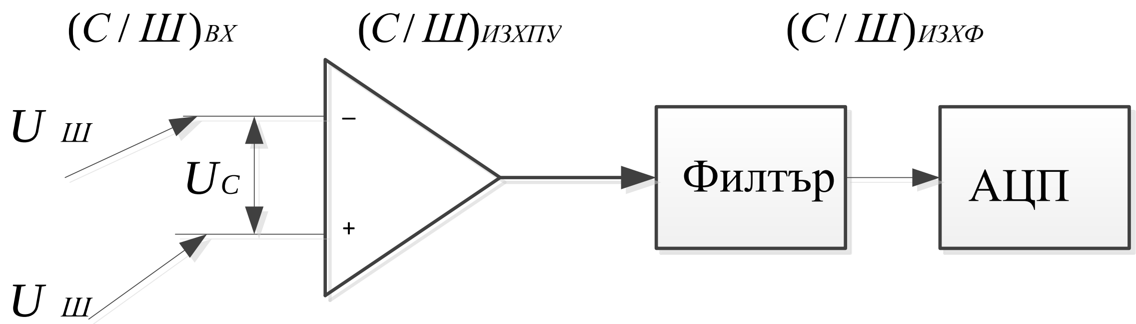
Предварителна обработка на сигналите в дискретни системи. Алгоритми за програмна реализация на цифрови регулатори. Представяне на обект в пространство на състоянията в дискретна форма – преход от непрекъсната в дискретна форма. Пример при постояннотоков електродвигател.

Предварителна обработка на сигналите в дискретни системи

Усилване и филтриране



$$\left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ВХ}} = \frac{P_C}{P_{\text{Ш}}} = \frac{\frac{U_{CRMS}^2}{R_E}}{\frac{U_{\text{Ш}RMS}^2}{R_E}} = \left(\frac{U_{CRMS}}{U_{\text{Ш}RMS}}\right)^2$$

На практика $U_C = U_{\text{ДИФ}}$; $U_{\text{Ш}} = U_{\text{СИНФ}}$

$$K_{\text{ДИФ}} = \frac{U_{\text{ИЗХДИФ}}}{U_{\text{ДИФ}}} \quad ; \quad K_{\text{СИНФ}} = \frac{U_{\text{ИЗХСИНФ}}}{U_{\text{СИНФ}}}$$

$$\text{КПСС} = \frac{K_{\text{ДИФ}}}{K_{\text{СИНФ}}} = \frac{U_{\text{ИЗХДИФ}}.U_{\text{СИНФ}}}{U_{\text{ДИФ}}.U_{\text{ИЗХСИНФ}}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ИЗХПУ}}}{\left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ВХ}}}}$$

Т.е. $$\left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ИЗХПУ}} = \left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ВХ}}.\text{КПСС}^2$$

$$K_{\Phi} = \frac{\left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ИЗХФ}}}{\left(\frac{\text{С}}{\text{Ш}}\right)_{\text{ИЗХПУ}}} = \frac{1}{2}.\frac{\text{В}_{\text{ПУ}}}{\text{В}_{\Phi}}$$

$B_{ПУ}, B_{Ф}$ - честотните ленти на предусилвателя и филтъра
Следователно:

$$B_{Ф} = \frac{1}{2}.\frac{B_{ПУ}.\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХПУ}}{\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХФ}} = f_{СРФ}$$

За АЦП $\delta_{\frac{1}{2}} = \frac{\pm\frac{1}{2}U_{МЗР}}{U_{MAX}}.100\%$

Еквивалентни отношения между разрядност и отношение $\frac{С}{Ш}$

разрядност	$U_{МЗР}, mV$ при $U_{MAX} = 10V$	$\delta_{\frac{1}{2}}\%$	$\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХФ}$	$\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХФ}, dB$
4	625	3.2	2.10^3	33
5	312	1.6	8.10^3	39
6	156	0.8	$3.2.10^4$	45
8	39	0.2	5.10^5	57
12	2,45	0.012	$1.3.10^8$	81
16	0.153	0.00075	$3.2.10^{10}$	105

Пример:

$$\left[\frac{С}{Ш}\right]_{ВХ} = \left(\frac{U_{CRMS}}{U_{ШRMS}}\right)^2 = \left(\frac{U_{ДИФRMS}}{U_{СИНФRMS}}\right)^2 = \left(\frac{2.10^{-3}V}{1V}\right)^2 = 4.10^{-6}$$

Необходимо е $\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХПУ} = 100$

Следователно:

$$КПСС = \sqrt{\frac{\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХПУ}}{\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ВХ}}} = \sqrt{\frac{100}{4.10^{-6}}} = 5.10^3$$

Толеранс на резисторите, %	5	2	1	0.5	0.1
Средна стойност на $K_{СИНФ}$	0.1	0.04	0.02	0.01	0.002

Ако използваме резистори с 1% толеранс , то $K_{СИНФ} = 0.02$

Следователно $K_{ДИФ} = \text{КПСС}. K_{СИНФ} = 5.10^3.0.02 = 100$

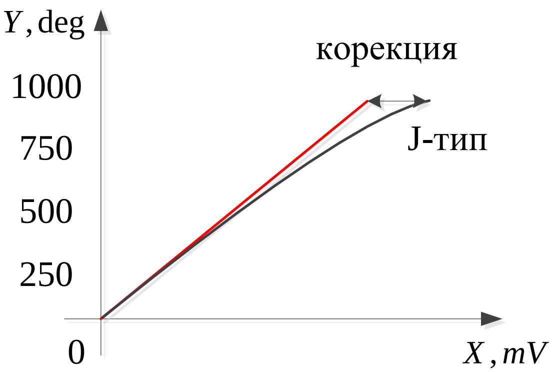
От честотните характеристики на $\mu A741$ или $L144$ се отчита $B_{ПУ} \approx 9kHz$

Нека използваме 8-разряден АЦП. От таблицата $\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХФ} = 5.10^5$

Следователно се получава честотата на филтъра:

$$B_Ф = \frac{1}{2}.\frac{B_{ПУ}.\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХПУ}}{\left(\frac{С}{Ш}\right)_{ИЗХФ}} = f_{СРФ} = \frac{1}{2}.\frac{9.10^3.100}{5.10^5} \approx 1Hz$$

Линеаризация характеристиката на термодвойки



От 0 до 400 е линейна с коефициент $40\mu V/°C$ или $k = 25°C/mV$

Уравнението на апроксимиращата права е:
$Y = k.X + B - k.f(X) = k.[X - f(X)]$, където $k = 25°C/mV$, $B = 0$,

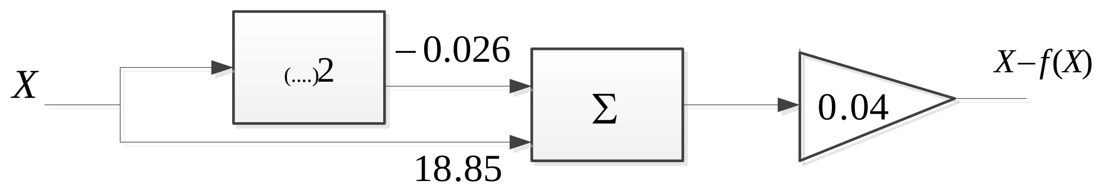
$k.f(X)$ – корекция

Уравнението на характеристиката на теродвойката е: $Y = A.X + B.X^2$
Коефициените A и B се изчисляват по данните за две точки:

$$Y_1, X_1 \equiv 250°C, 13.5mV$$
$$Y_2, X_2 \equiv 750°C, 42.3mV$$
$$250°C = A.13.5mV + B.13.5mV^2 \quad \to A = 18.5 - B.13.5$$
$$750°C = (18.5 - B.13.5).42.3 + B.42.3^2$$
$$B = -0.026\frac{°C}{mV^2}, \quad A = 18.85\frac{°C}{mV}$$

Следователно $X - f(X) = \frac{18.85\frac{°C}{mV}.X - 0.026\frac{°C}{mV^2}.X^2}{25}$

Следователно моделът за линеаризация е:



Грешката от линеаризацията е:

От термодвойката От израза На ? съответства с коеф.А и В Грешка

X, mV	$Y, ℃$	$X-f(X), mV$	$y, ℃$	$\delta, \%$
0	0	0	0	0
13.5	250	10	250	0
27.4	500	19.9	498	-0.2%
42.3	750	30	750	0
59.8	1000	41.4	1034	+3.4%

Коефициенти за линеаризация за някои типове термодвойки:

	A, $\frac{℃}{mV}$	B, $\frac{℃}{mV^2}$
J	18.85	-0.026
K	24.4	-0.022
T	32.3	-0.63

Алгоритми за програмна реализация на цифрови регулатори

Става въпрос за алгоритми, различни от разгледаните на дискретни PI,PID и т.н.

Възможно е в алгоритъма на дискретния регулатор да бъде включено и корегиращо звено. Тогава, ако общата предавателна функция на регулатора и това звено има вида :

$$G(z) = \frac{q_0 + q_1.z^{-1} + q_2.z^{-2} + \cdots + q_m.z^{-m}}{1 + p_1.z^{-1} + p_2.z^{-2} + \cdots p_n.z^{-n}}$$

то съответният й алгоритъм за програмна реализация е:

$$u(k) = p_{1.}u(k-1) + p_2.u(k-2) + \cdots + p_n.u(k-n) + q_0.e(k) + q_1.e(k-1) + q_2.e(k-2) + \cdots + q_m e(k-m)$$

Представяне на обект в пространство на състоянията в дискретна форма – преход от непрекъсната в дискретна форма. Пример при постояннотоков електродвигател

Нека непрекъснатата система е описана с уравненията:

$$\frac{dx}{dt} = A.x(t) + B.u(t) \qquad \text{уравнение на състоянието}$$

$$y(t) = C.x(t) + D.u(t) \qquad \text{уравнение на наблюдението}$$

Тогава при периодично квантоване с период T_0 съответното й представяне в дисретна форма е:

$$x(k.T_0 + T_0) = \Phi.x(k.T_0) + \Gamma.u(kT_0)$$

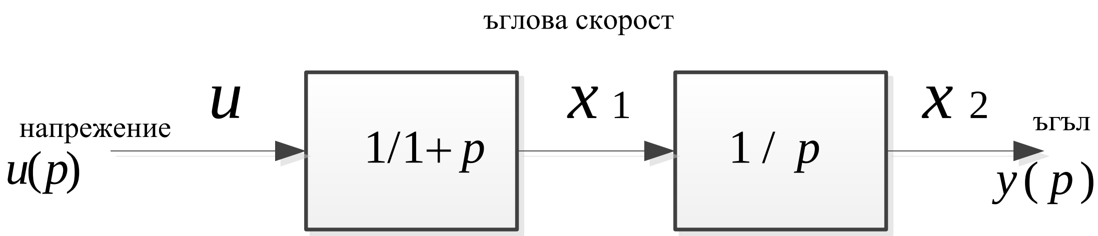
$$y(kT_0) = C.x(k.T_0) + D.u(k.T_0)$$

където

$$\Phi = e^{A.T_0} \qquad \text{и}$$

$$\Gamma = \int_0^{T_0} e^{A.p}.B.dp$$

Пример: Постояннотоков електродвигател, ако се пренебрегнат динамичните характеристики на електрическата част, моделът е:



$$y(p) = \frac{1}{p.(1+p)}.u(p)$$

Ако променливи на състоянията са ъгловата скорост и ъгълът на завъртане на вала, то непрекъснатата система се описва с уравненията:

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}-1 & 0\\ 1 & 0\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}1\\ 0\end{bmatrix}.u$$

$$y_1 = \begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}.u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}.x$$

$$\Phi = e^{A.T_0} = L^{-1}\{[p.I - A]^{-1}\} = L^{-1}\left\{\begin{bmatrix} p+1 & 0 \\ -1 & p \end{bmatrix}^{-1}\right\}$$

Припомняне:

$N^{-1} = \frac{1}{detN}\begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}^T$; $A_{ik} = (-1)^{i+k}.M_{ik}$ Следователно в случая:

$$detN = p.(p+1) \quad ; A_{11} = p \quad ; A_{12} = 1 \; ; A_{21} = 0 \; ; A_{22} = p+1$$

$$\Phi = e^{A.T_0} = L^{-1}\left\{\begin{bmatrix} \frac{1}{p+1} & 0 \\ \frac{1}{p.(p+1)} & \frac{1}{p} \end{bmatrix}\right\} = \begin{bmatrix} e^{-T_0} & 0 \\ 1 - e^{-T_0} & 1 \end{bmatrix}$$

$$e^{A.T_0}.B = \begin{bmatrix} e^{-T_0} & 0 \\ 1 - e^{-T_0} & 1 \end{bmatrix}.\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{-T_0} \\ 1 - e^{-T_0} \end{bmatrix}$$

$$\Gamma = \int_0^{T_0} \begin{bmatrix} e^{-p} \\ 1 - e^{-p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - e^{-T_0} \\ T_o - 1 + e^{-T_0} \end{bmatrix}$$

Представянето на обекта в пространство на състоянията в дискретна фирма е:

$$x(k.T_o + T_0) = \begin{bmatrix} e^{-T_0} & 0 \\ 1 - e^{-T_0} & 0 \end{bmatrix}.x(k.T_0) + \begin{bmatrix} 1 - e^{-T_0} \\ T_0 - 1 + e^{-T_0} \end{bmatrix}.u(k.T_0)$$
$$y(k.T_0) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}.x(k.T_0)$$