



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

DUM 13 téma: Hurwitzovo kritérium stability regulačního obvodu – výklad

ze sady: 02 Regulovaná soustava

ze šablony: 01 Automatizační technika I

Určeno pro 4. ročník

**vzdělávací obor: 26-41-M/01 Elektrotechnika ŠVP automatizační technika
Vzdělávací oblast: odborné vzdělávání**

Metodický list/anotace: viz. VY_32_INOVACE_01213ml.pdf



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hurwitzovo kritérium stability regulačního obvodu – výklad

Hurwitzovo kritérium stability je algebraické kritérium vycházející z charakteristické rovnice

Výhody: jednoduché zpracování na PC

Nevýhody: není vhodné pro soustavy s dopravním zpožděním, nevíme jak dalece je obvod od meze stability

Východisko: Charakteristická rovnice – získáme ji tak, že jmenovatele celkového přenosu soustavy (uzavřené regulační smyčky) položíme rovno nule

$$a_n \cdot p^n + a_{n-1} \cdot p^{n-1} + a_{n-2} \cdot p^{n-2} + \dots + a_1 p^1 + a_0 = 0$$

p = přenos a = koeficient (číslo)

$$\text{např. } 74p^4 + 36p^3 + 22p^2 + 1p + 4 = 0$$

Soustava je stabilní jsou-li všechny koeficienty a_i větší než 0, toto platí pro případ kdy $n < \text{nebo} = 2$

System je vždy nestabilní pokud některý z koeficientů a_i chybí a střídají-li se znaménka u koeficientů, toto platí pro případ kdy $n < \text{nebo} = 2$

System je stabilní pokud všechny subdeterminanty (které přísluší prvkům hlavní diagonály) > 0 , toto platí pro případ kdy $n > 2$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Postup řešení stability

Sestavíme determinant matice $n \cdot n$

$$\begin{vmatrix}
 a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \dots & 0 \\
 a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \dots & 0 \\
 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & \dots & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & \dots & a_0
 \end{vmatrix}$$

hlavní diagonála

$$\begin{vmatrix}
 a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\
 a_5 & a_6 & a_7 & a_8 \\
 a_9 & a_{10} & a_{11} & a_{12} \\
 a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16}
 \end{vmatrix}
 \begin{vmatrix}
 a_1 & a_2 & a_3 \\
 a_5 & a_6 & a_7 \\
 a_9 & a_{10} & a_{11}
 \end{vmatrix}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_5 & a_6 \end{vmatrix}$$

1. subdeterminant $a_1 > 0$

2. subdeterminant $a_1 \cdot a_6 - a_5 \cdot a_2 > 0$

3. subdeterminant

$$a_1 \cdot a_6 \cdot a_{11} + a_2 \cdot a_7 \cdot a_9 + a_5 \cdot a_{10} \cdot a_3 - a_9 \cdot a_6 \cdot a_3 - \\ - a_5 \cdot a_2 \cdot a_{11} - a_{10} \cdot a_7 \cdot a_1 > 0$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad: Určete stabilitu regulačního obvodu pomocí Hurwitzova kritéria stability pro případ že $X = 13$, $Y = 7$.

F_s = přenos regulované soustavy

F_r = přenos regulátoru

F_c = celkový přenos regulačního obvodu

Celkový přenos regulačního obvodu a charakteristická rovnice

$$F_S = \frac{1}{p(x \cdot p + 1) \cdot (y \cdot p + 1)}; \quad F_R = k \cdot (1 + p)$$

$$F_C = \frac{F_R \cdot F_S}{1 + F_R \cdot F_S} \Rightarrow 1 + F_R \cdot F_S = 0$$

$$1 + (k \cdot (1 + p)) \cdot \left(\frac{1}{p(13p + 1) \cdot (7p + 1)} \right) = 0$$

$$1 + (k + kp) \cdot \left(\frac{1}{(13p^2 + p) \cdot (7p + 1)} \right) = 0$$

$$1 + (k + kp) \cdot \left(\frac{1}{91p^3 + 13p^2 + 7p^2 + p} \right) = 0$$

$$1 + (k + kp) \cdot \left(\frac{1}{91p^3 + 20p^2 + p} \right) = 0$$

$$1 + \frac{k + kp}{91p^3 + 20p^2 + p} = 0 \cdot \frac{1}{(91p^3 + 20p^2 + p)}$$

$$91p^3 + 20p^2 + p + k + kp = 0$$

$$91p^3 + 20p^2 + (1 + k)p + k = 0$$

Determinant matice a určení stability pomocí subdeterminantů

1. subdeterminant

$$\begin{vmatrix} 20 & k & 0 \\ 91 & (1+k) & 0 \\ 0 & 20 & k \end{vmatrix}$$

2. subdeterminant

$$\begin{vmatrix} 20 & k \\ 91 & (1+k) \end{vmatrix}$$

1. subdeterminant $20 > 0$

Podmínka stability je splněna.

2. subdeterminant

$$20 \cdot (1 + k) - 91 \cdot k > 0$$

$$20 + 20k - 91k > 0$$

$$20 - 71k > 0$$

$$71k > 20$$

$$k < \frac{20}{71} \quad (k < 0,28)$$

Soustava bude stabilní, pokud $k < 0,28$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

LITERATURA:

Branislav Lacko, Ladislav Maixner, Pavel Beneš, Ladislav Šmejkal:
Automatizace a automatizační technika I., Computer Press Praha , 2000

Zdeněk Brýdl, Rudolf Voráček, Luděk Kohout, Ladislav Šmejkal :
Automatizace a automatizační technika II., Computer Press Praha , 2005

Chlebný: Automatizace a automatizační technika III., Computer Press
Praha , 2009

Karel Svoboda, Miloš Lauer, František Oplatek, Ladislav Šmejkal:
Automatizace a automatizační technika IV., Computer Press Praha , 2000

A.Maršík, M.Kubičík: Automatizace, SNTL Praha, 1980

Ladislav Šmejkal: PLC a automatizace 1. a 2. díl, BEN Praha, 2008

Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku: Dietmar Schmid a
kol. , Europa-Sobotáles Praha, 2005

Průmyslová elektronika a informační technologie: Heinz Haberle a kol.,
Europa-Sobotáles Praha, 2003