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

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

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

p = přenos a = koeficient (číslo)

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

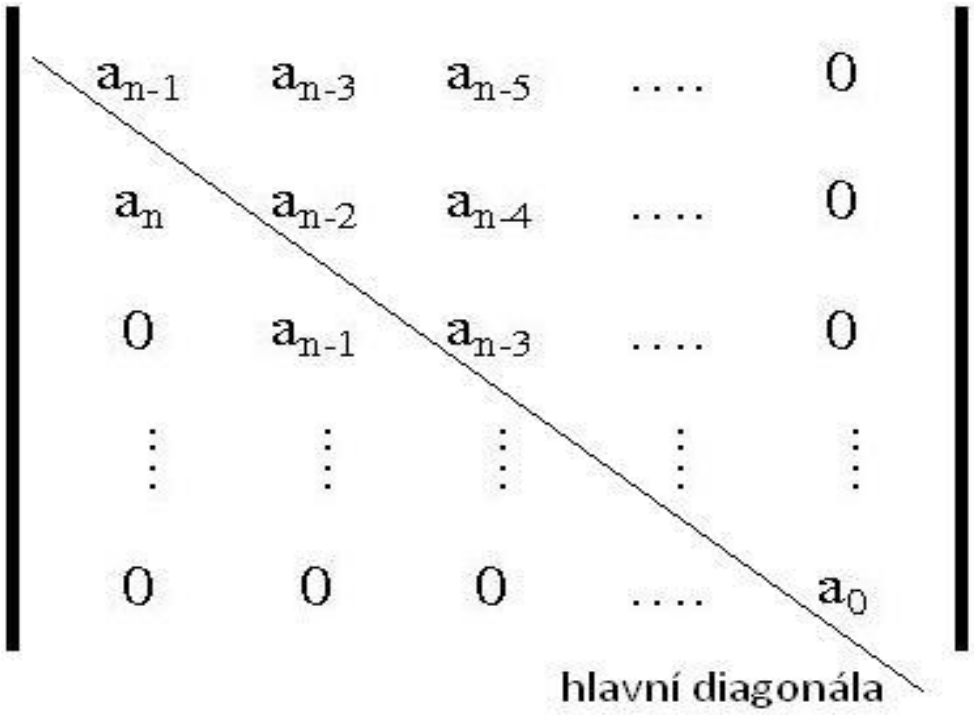
Soustava je stabilní jsou-li všechny koeficienty ai větší než 0, toto platí pro případ kdy n< nebo=2

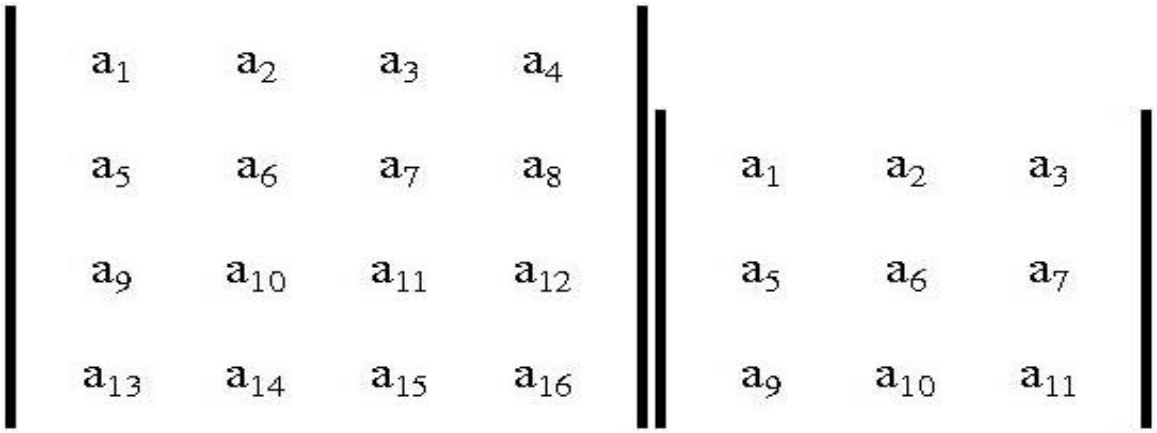
Systém je vždy nestabilní pokud některý z koeficientů ai chybí a střídají-li se znaménka u koeficientů, toto platí pro případ kdy n< nebo=2

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

Postup řešení stability

Sestavíme determinant matice n . n





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

1. subdeterminant $a1 > 0$
2. subdeterminant $a_1 \cdot a_6 - a_5 \cdot a_2 > 0$
3. subdeterminant
$$a_1 \cdot a_6 \cdot a_{11} + a_2 \cdot a_7 \cdot a_9 + a_5 \cdot a_{10} \cdot a_3 - a_9 \cdot a_6 \cdot a_3 - \\ - a_5 \cdot a_2 \cdot a_{11} - a_{10} \cdot a_7 \cdot a_1 > 0$$

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

Fs = přenos regulované soustavy

Fr = přenos regulátoru

Fc = celkový přenos regulačního obvodu

Celkový přenos regulačního obvodu a charakteristická rovnice

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Determinant matice a určení stability pomocí subdeterminantů

1. subdeterminant

2. subdeterminant

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

1.subdeterminant $20 > 0$

Podmínka stability je splněna.

2.subdeterminant

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

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

$$20 - 71k > 0$$

$$71k > 20$$

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

Soustava bude stabilní, pokud k < 0,28

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