



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

DUM 14 téma: Nyquistovo kritérium stability – výklad

ze sady: 02 Regulovaná soustava

ze šablony: 01 Automatizační technika I

Určeno pro 3. ročník

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

Metodický list/anotace: viz. VY_32_INOVACE_01214ml.pdf

Nyquistovo kritérium stability– výklad

Nyquistovo kritérium stability: pokud se průsečík frekvenční charakteristiky s reálnou osou

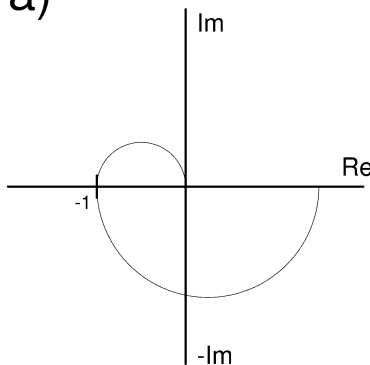
a) nachází v bodě -1 : $= -1$ je soustava na mezi stability

b) nachází vlevo od bodu -1 : < -1 je soustava nestabilní

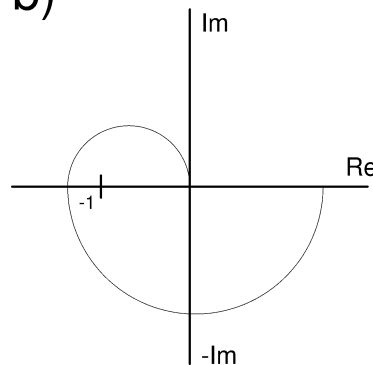
c) nachází vpravo od bodu -1 : > -1 je soustava stabilní

pozn. Pokud má soustava více průsečíků a má být stabilní, musí být všechny větší než -1 , pokud je jeden z nich menší než -1 , je nestabilní

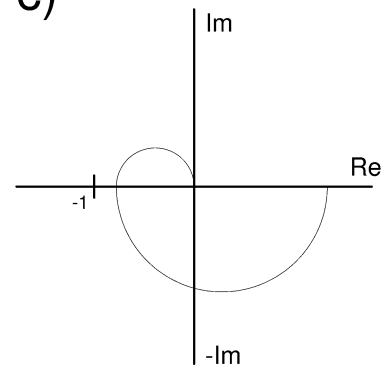
a)



b)



c)



a) soustava na mezi stability

b) nestabilní soustava

c) stabilní soustava

Výhoda: Toto kritérium lze použít i pro soustavy s dopravním zpožděním

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nevýhoda: Musím znát konkrétní frekvenční přenos

Příklad: Určete, zda soustava se zadaným frekvenčním přenosem

$$F(j\omega) = \frac{3,1}{1 + 2,2j\omega + (0,3)^2 j^2 \omega^2}$$

je stabilní či nikoliv

Postup řešení:

1. Oddělíme reálnou a imaginární složku frekvenčního přenosu

$$\begin{aligned} F(j\omega) &= \frac{3,1}{1 + 2,2j\omega + (0,3)^2 j^2 \omega^2} = \frac{3,1}{1 + 2,2j\omega - 0,09\omega^2} \cdot \frac{1 - 2,2j\omega - 0,09\omega^2}{1 - 2,2j\omega - 0,09\omega^2} \\ &= \frac{3,1 \cdot (1 - 2,2j\omega - 0,09\omega^2)}{1 - 2,2j\omega - 0,09\omega^2 + 2,2j\omega - 4,84j^2 \omega^2 - 0,198j\omega^3 - 0,09\omega^2 + 0,198j\omega^3 + 0,0081\omega^4} \\ &= \frac{3,1 - 6,82j\omega - 0,279\omega^2}{1 - 0,18\omega^2 - 4,84j^2 \omega^2 + 0,0081\omega^4} = \frac{3,1 - 0,279\omega^2 - 6,82j\omega}{1 + 4,66\omega^2 + 0,0081\omega^4} \end{aligned}$$

$$Re = \frac{3,1 - 0,279\omega^2}{1 + 4,66\omega^2 + 0,0081\omega^4}$$

$$Im = \frac{-j6,82\omega}{1 + 4,66\omega^2 + 0,0081\omega^4}$$

2. Početní řešení Nyquistova kritéria stability:

a) Nejprve hledáme Ω (kmitočet průsečíku frekvenční charakteristiky s reálnou osou) tak, že položíme $Im = 0$ a spočítáme kmitočet průsečíku frekvenční charakteristiky s reálnou osou Ω .

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$Im = \frac{-j6,82\omega}{1 + 4,66\omega^2 + 0,0081\omega^4} = 0$$

$$-j6,82\omega = 0$$

$$\omega = 0$$

b) Potom tento kmitočet dosadíme do reálné složky a vypočítáme polohu průsečíku frekvenční charakteristiky s reálnou osou. Tuto polohu porovnáme s bodem -1.

$$Re = \frac{3,1 - 0,279\omega^2}{1 + 4,66\omega^2 + 0,0081\omega^4} \quad \frac{3,1 - 0,279 \cdot 0^2}{1 + 4,66 \cdot 0^2 + 0,0081 \cdot 0^4} = \frac{3,1}{1}$$

$$ks = 3,1 > -1$$

Soustava je stabilní, jelikož poloha průsečíku frekvenční charakteristiky s reálnou osou je vpravo od bodu -1 ($3,1 > -1$)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

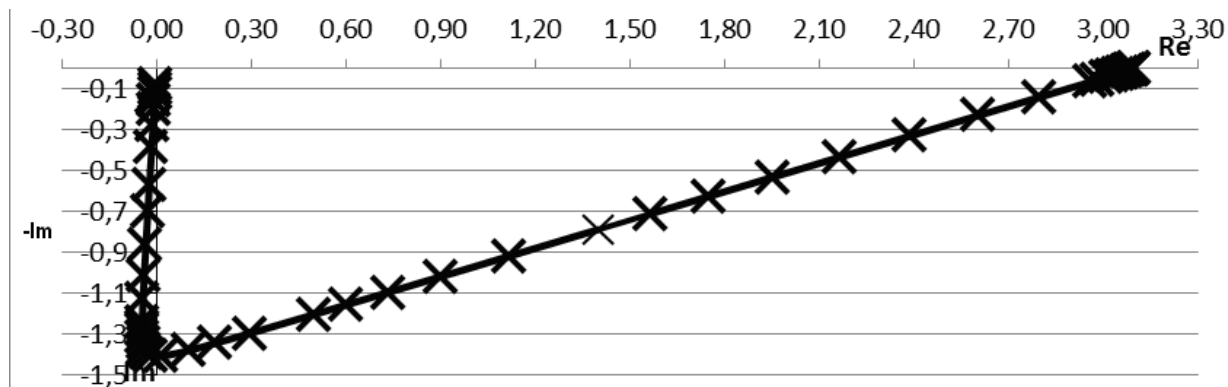
3. Grafické řešení Nyquistova kritéria stability

a) Sestrojíme tabulku vypočtených hodnot

ω	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,2	0,3
Re	3,10	3,10	3,09	3,09	3,08	3,06	3,05	3,03	3,01	2,99	2,96	2,60	2,17
Im	0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,43
ω	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	2	3	4	5	6
Re	1,95	1,75	1,40	1,12	0,90	0,73	0,60	0,50	0,10	0,01	-0,02	-0,03	-0,04
Im	-0,53	-0,6	-0,8	-0,9	-1	-1,1	-1,2	-1,2	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4
ω	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Re	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
Im	-1,3	-1,3	-1,3	-1,2	-0,9	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b) Sestrojíme frekvenční charakteristiku



c) Porovnáme průsečíky frekvenční charakteristiky s reálnou osou s bodem -1 na reálné ose

Soustava je stabilní, protože frekvenční charakteristika protíná reálnou osu vpravo od bodu -1.



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