

Dalibor
IGREC

Tehnološko modeliranje energetskih procesov

Zbirka
rešenih
vaj



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

Tehnološko modeliranje energetskega procesov

Zbirka rešenih vaj

Avtor

Dalibor Igrec

April 2022

Naslov **Tehnološko modeliranje energetskega procesov**
Title *Technological Modelling of Power Processes*

Podnaslov **Zbirka rešenih vaj**
Subtitle *Collection of Solved Exercises*

Avtor Dalibor Igrec
Author (Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko)

Jezikovni pregled Slavica Božič
Language editing

Tehnični urednik Jan Perša
Technical editor (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)

Oblikovanje ovitka Jan Perša
Cover designer (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)

Grafične priloge Avtor
Graphic material

Grafika na ovitku power-4892237, Pixabay.com, CC0, 2022
Cover graphics

Založnik **Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba**
Published by Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija
<https://press.um.si>, zalozba@um.si

Izdajatelj **Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko**
Issued by Hočevarjev trg 1, 8270 Krško, Slovenija
<https://www.fe.um.si>, fe@um.si

Izdaja Prva izdaja
Edition

Izdano Maribor, april 2022
Published at

Vrsta publikacije E-knjiga
Publication type

Dostopno na <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/671>
Available at

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

620.9:519.876.2 (076.5) (0.034.2)

IGREC, Dalibor

Tehnološko modeliranje energetskega procesov [Elektronski vir] : zbirka rešenih vaj / avtor Dalibor Igrec. - 1. izd. - E-knjiga. - Maribor : Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2022

Način dostopa (URL) :

<https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/671>

ISBN 978-961-286-589-4 (PDF)

doi: 10.18690/um.fe.4.2022

COBISS.SI-ID 104083459



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University Press

Besedilo / *Text* © Igrec, 2022

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno tako nekomercialno kot tudi komercialno reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javna priobčitev in predelava avtorskega dela, pod pogojem, da navedejo avtorja izvirnega dela.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISBN 978-961-286-589-4 (pdf)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.fe.4.2022>

Cena Brezplačni izvod
Price

Odgovorna oseba založnika prof. dr. Zdravko Kačič,
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Igrec, D. (2022). *Tehnološko modeliranje energetskega procesov: zbirka rešenih vaj*. Maribor: Univerzitetna založba. doi:
Attribution 10.18690/um.fe.4.2022

Kazalo

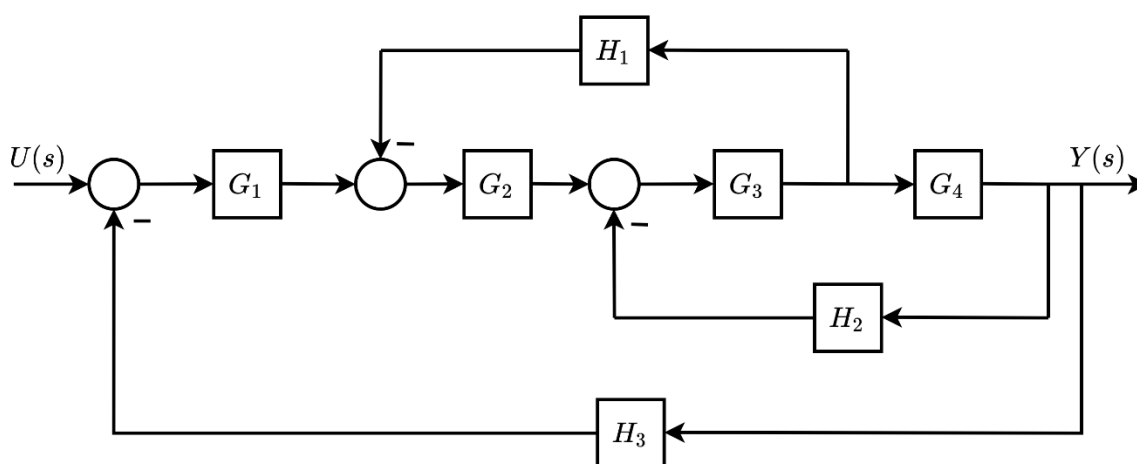
1	Poenostavljanje bločnih diagramov	1
Primer 1	.....	1
Primer 2	.....	4
Primer 3	.....	6
Primer 4	.....	8
2	Predstavitev bločnega diagrama iz diferencialne enačbe.....	11
Primer 1	.....	11
Primer 2	.....	12
3	Metode za numerično reševanje diferencialnih enačb	15
Eulerjeva metoda	.....	16
Runge Kutta 2. reda (Heunova metoda)	.....	17
Runge Kutta 4. reda.....	.....	18

1 Poenostavljanje bločnih diagramov

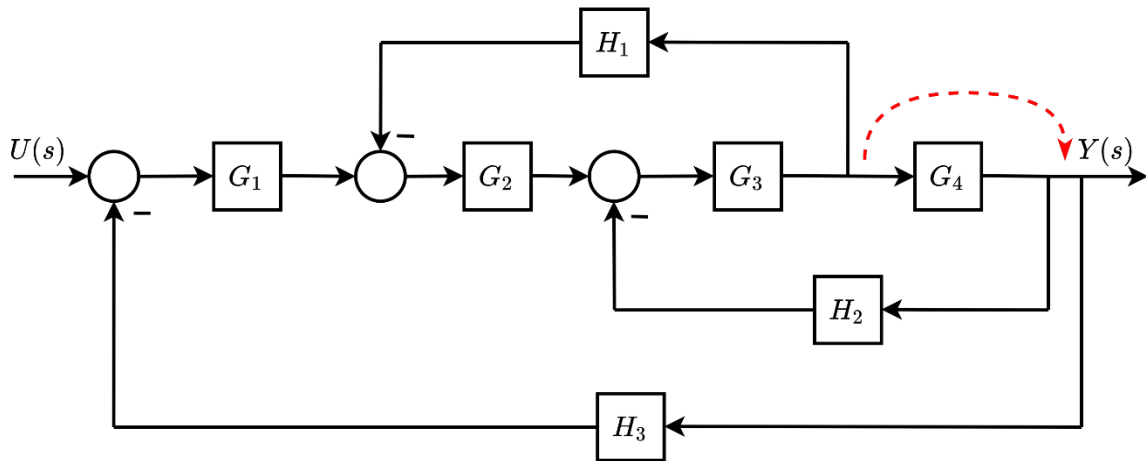
S pomočjo pravil algebre bločnih diagramov je v nadaljevanju na primerih prikazan postopek poenostavljanja po posameznih korakih.

Primer 1

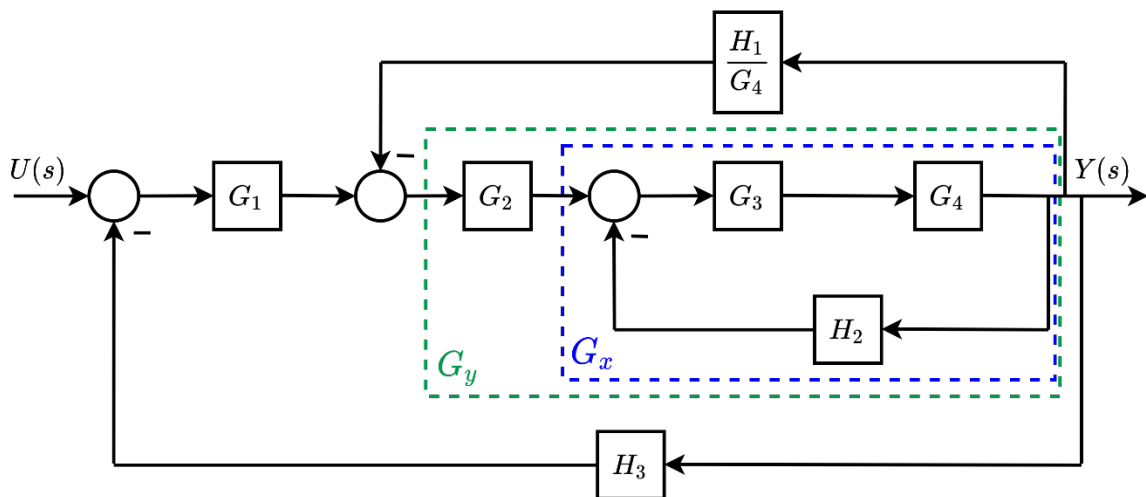
Poenostavimo bločni diagram na sliki:



1. korak: premik razcepišča za blok.

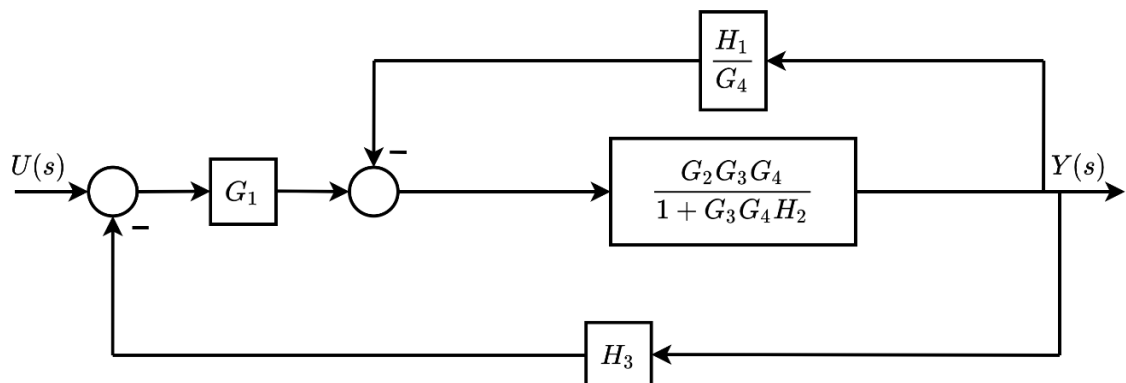


2. korak: redukcija zanke G_x (označeno z modro barvo) in zaporedne vezave G_y (označeno z zeleno barvo).

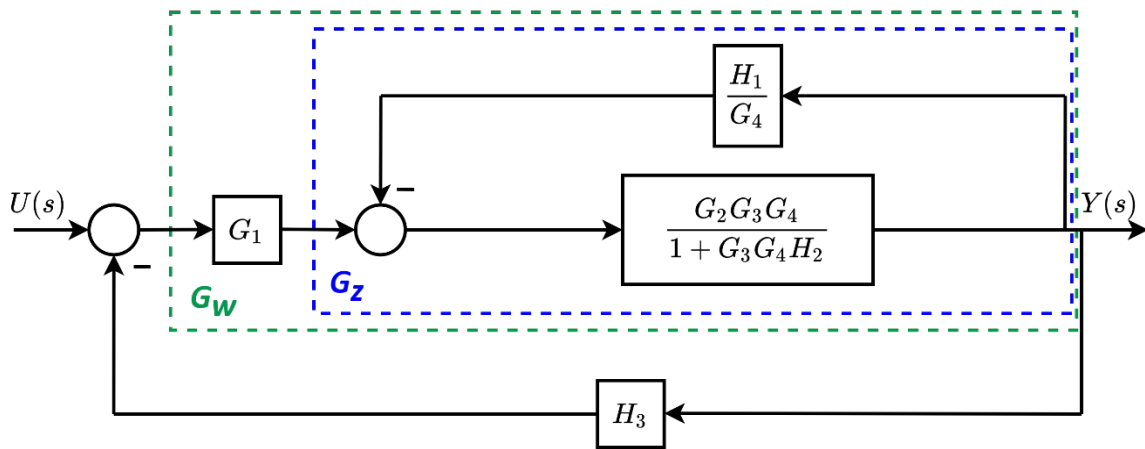


$$G_x = \frac{G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2}$$

$$G_y = G_2 G_x = \frac{G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2}$$

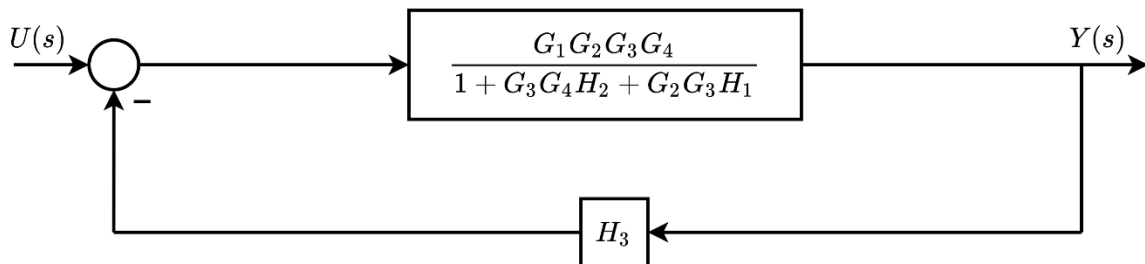


3. korak: ponovna redukcija zanke G_z (označeno z modro barvo) in zaporedne vezave G_w (označeno z zeleno barvo).



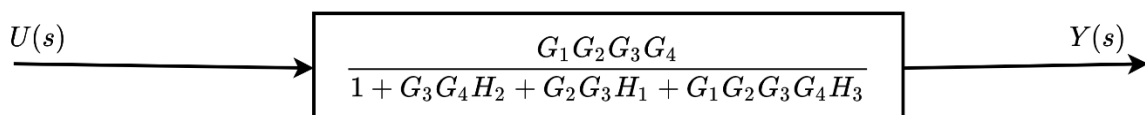
$$G_z = \frac{\frac{G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2}}{1 + \frac{G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2} \frac{H_1}{G_4}} = \frac{G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_1}$$

$$G_w = G_1 G_z = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_1}$$



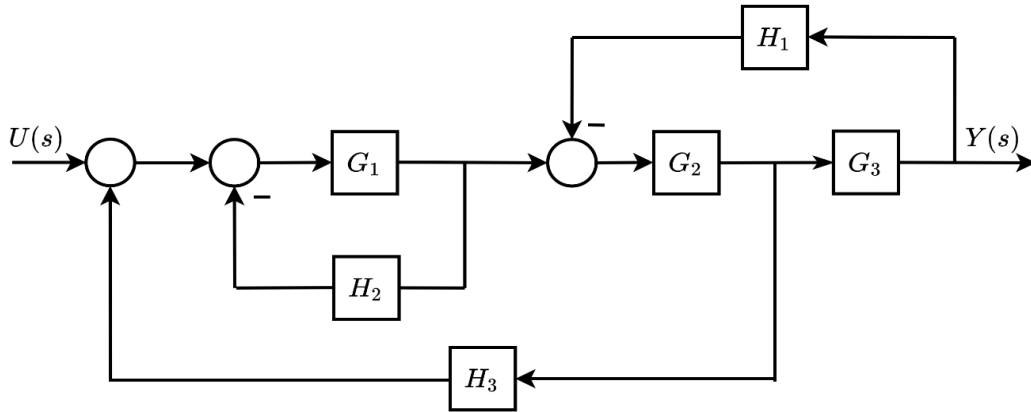
4. korak: zadnja redukcija zanke in končni rezultat.

$$G = \frac{\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_1}}{1 + \frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_1} H_3} = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_1 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_3}$$

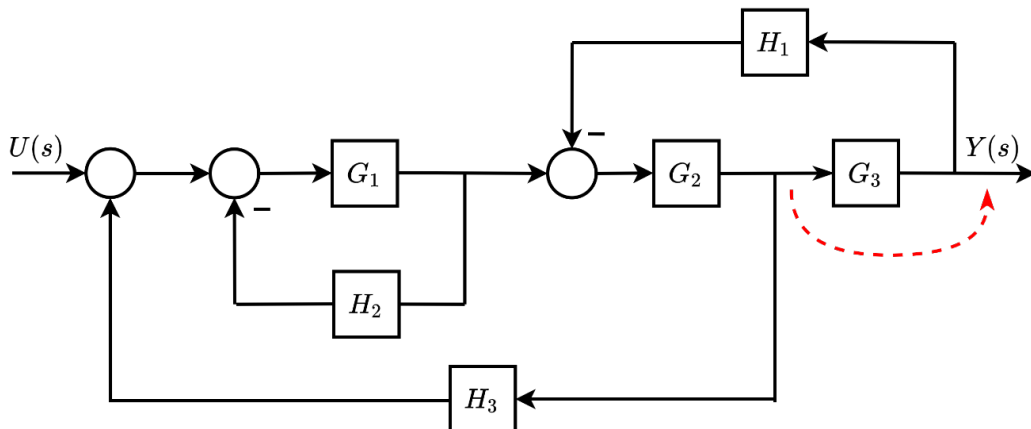


Primer 2

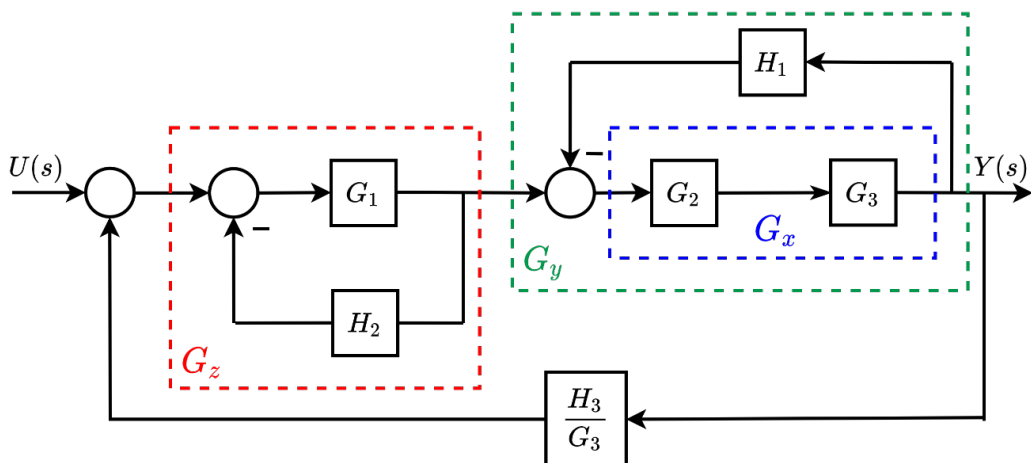
Poenostavimo bločni diagram na sliki:



1. korak: premik razcepišča za blok.



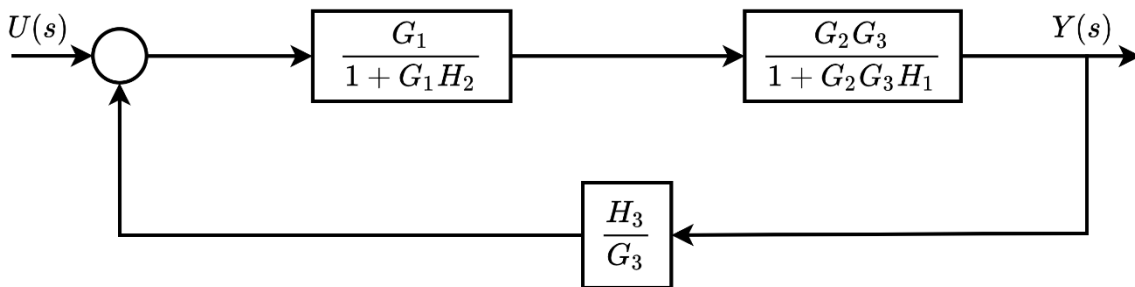
2. korak: redukcija zaporedne vezave G_x (označeno z modro barvo) in dveh zank: G_y (označeno z zeleno barvo) ter G_z (označeno z rdečo barvo).



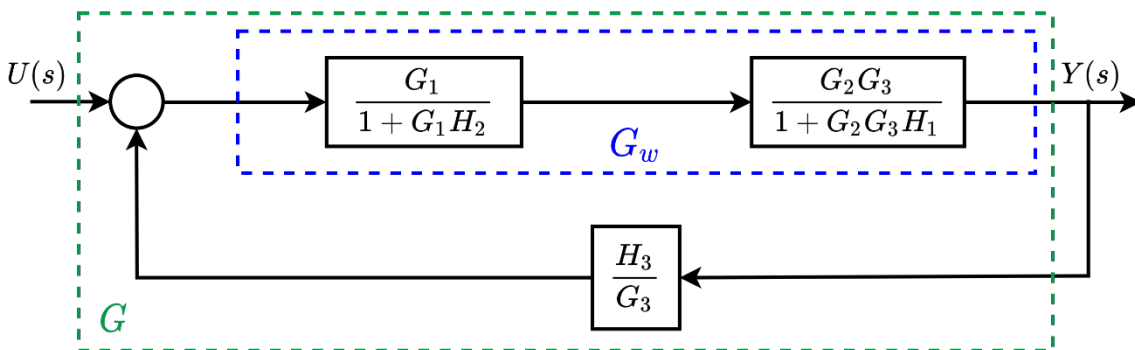
$$G_x = G_2 G_3$$

$$G_y = \frac{G_2 G_3}{1 + G_2 G_3 H_1}$$

$$G_z = \frac{G_1}{1 + G_1 H_2}$$



3. korak: zadnja redukcija zaporedne vezave G_w (označeno z modro barvo) in zanke G (označeno z zeleno barvo) ter končni rezultat.

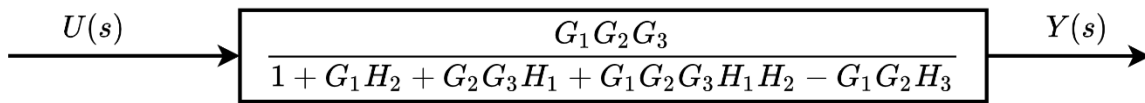


$$G_w = \frac{G_1}{1 + G_1 H_2} \frac{G_2 G_3}{1 + G_2 G_3 H_1} = \frac{G_1 G_2 G_3}{(1 + G_1 H_2)(1 + G_2 G_3 H_1)} =$$

$$G_w = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 H_2 + G_2 G_3 H_1 + G_1 G_2 G_3 H_1 H_2}$$

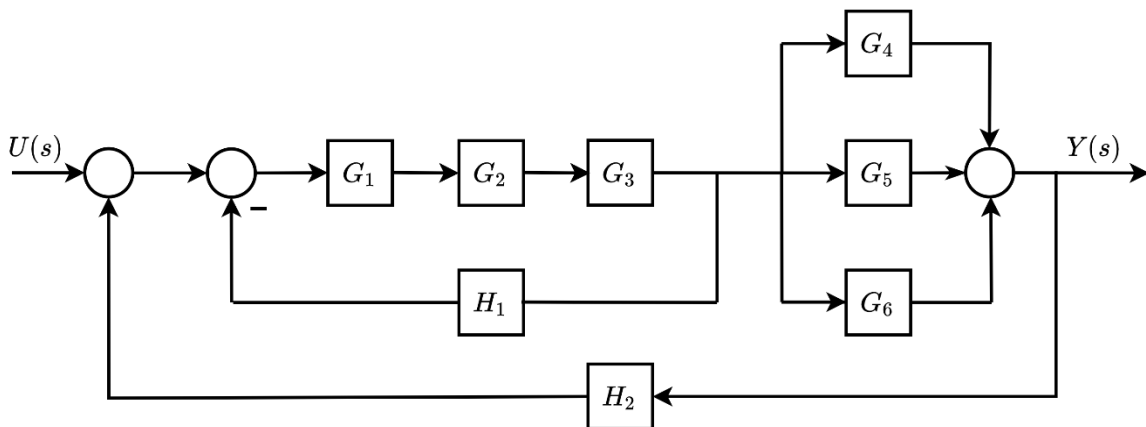
$$G = \frac{G_w}{1 - G_w \frac{H_3}{G_3}} = \frac{\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 H_2 + G_2 G_3 H_1 + G_1 G_2 G_3 H_1 H_2}}{1 - \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 H_2 + G_2 G_3 H_1 + G_1 G_2 G_3 H_1 H_2} \frac{H_3}{G_3}} =$$

$$G = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 H_2 + G_2 G_3 H_1 + G_1 G_2 G_3 H_1 H_2 - G_1 G_2 H_3}$$

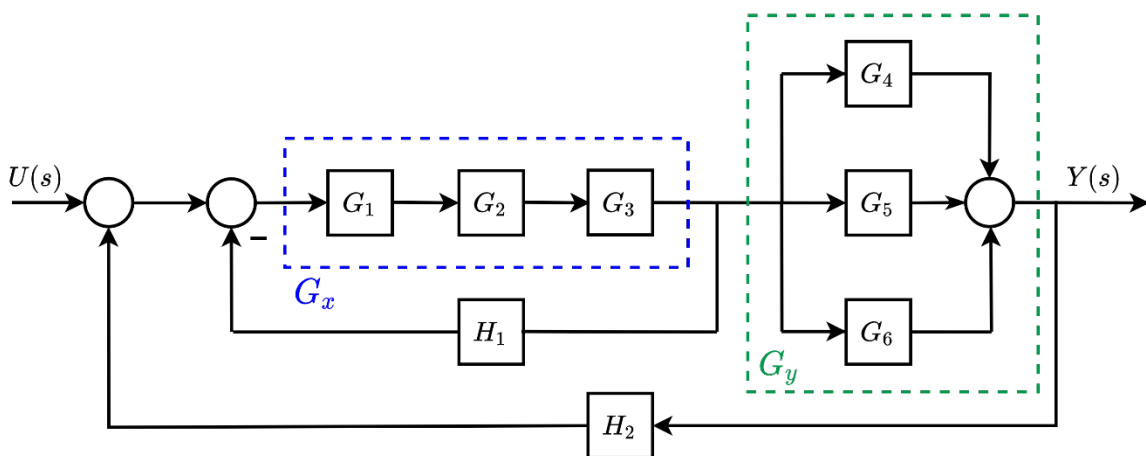


Primer 3

Poenostavimo bločni diagram na sliki:

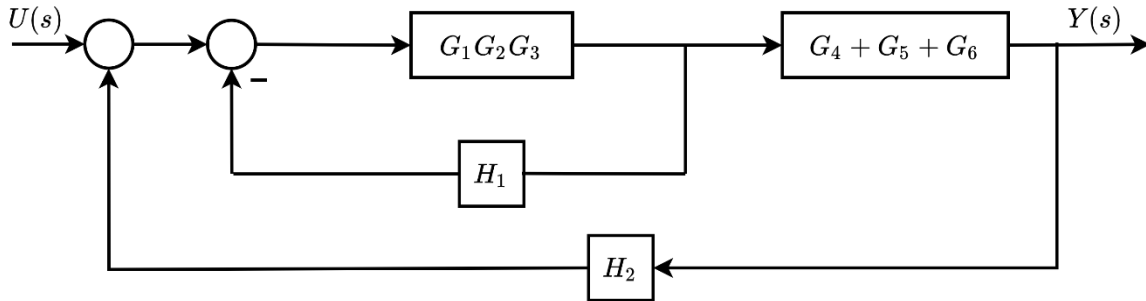


1. korak: Redukcija zaporedne vezave G_x (označeno z modro barvo) in vzporedne vezave G_y (označeno z zeleno barvo).

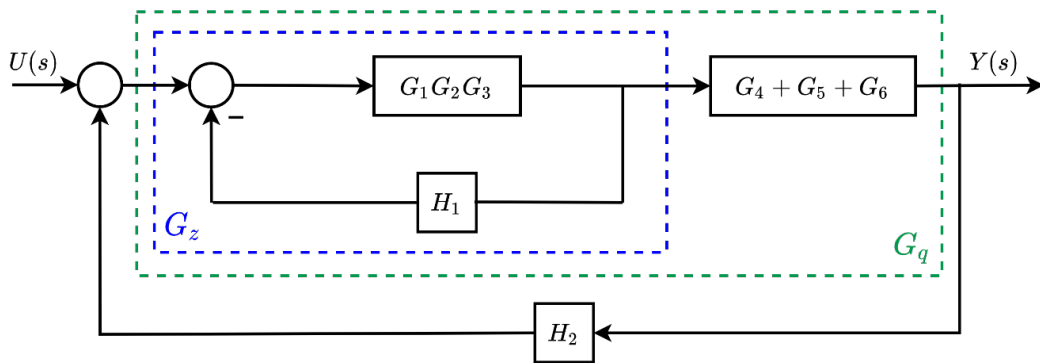


$$G_x = G_1 G_2 G_3$$

$$G_y = G_4 + G_5 + G_6$$



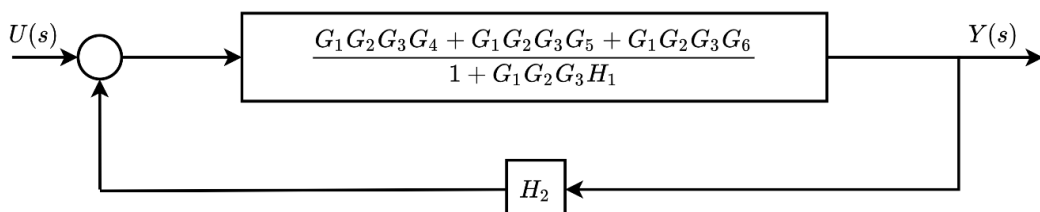
2. korak: redukcija zanke G_z (označeno z modro barvo) in zaporedne vezave G_q (označeno z zeleno barvo).



$$G_z = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 G_3 H_1}$$

$$G_q = G_z (G_4 + G_5 + G_6) = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 G_3 H_1} (G_4 + G_5 + G_6) =$$

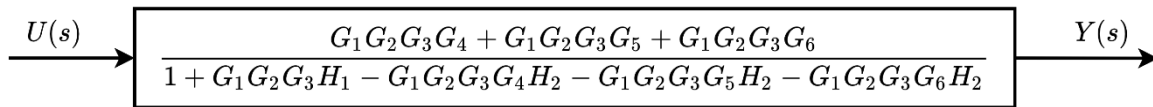
$$G_q = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4 + G_1 G_2 G_3 G_5 + G_1 G_2 G_3 G_6}{1 + G_1 G_2 G_3 H_1}$$



3. korak: zadnja redukcija zanke in končni rezultat.

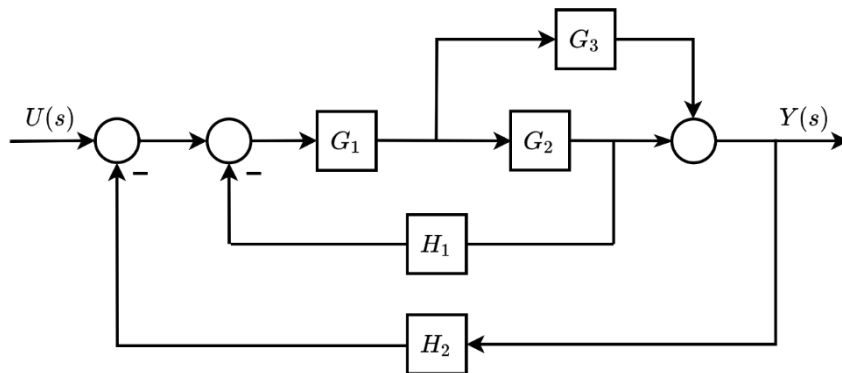
$$G = \frac{\frac{G_1 G_2 G_3 G_4 + G_1 G_2 G_3 G_5 + G_1 G_2 G_3 G_6}{1 + G_1 G_2 G_3 H_1}}{1 - \frac{G_1 G_2 G_3 G_4 + G_1 G_2 G_3 G_5 + G_1 G_2 G_3 G_6}{1 + G_1 G_2 G_3 H_1} H_2} =$$

$$G = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4 + G_1 G_2 G_3 G_5 + G_1 G_2 G_3 G_6}{1 + G_1 G_2 G_3 H_1 - G_1 G_2 G_3 G_4 H_2 - G_1 G_2 G_3 G_5 H_2 - G_1 G_2 G_3 G_6 H_2}$$

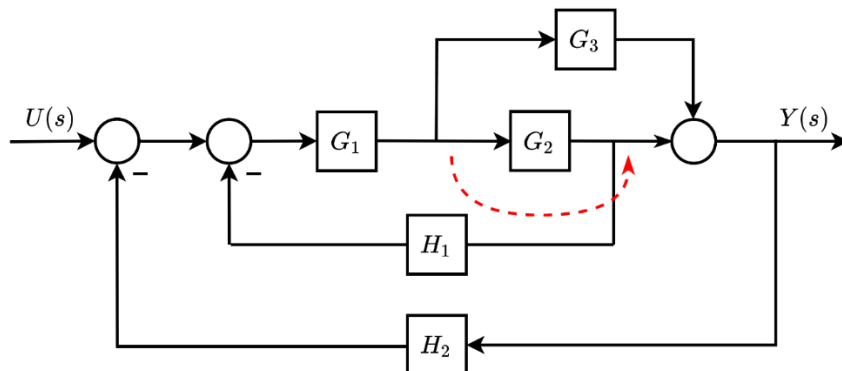


Primer 4

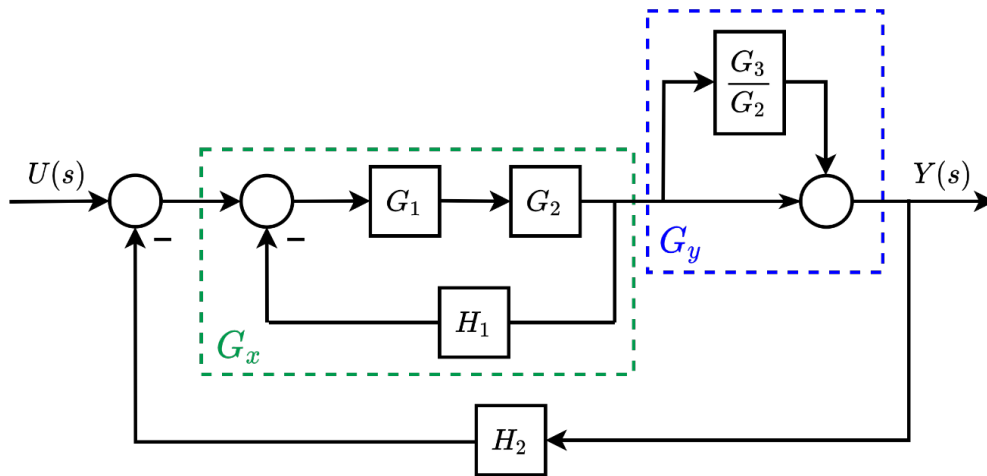
Poenostavimo bločni diagram na sliki:



1. korak: premik razcepišča za blok.

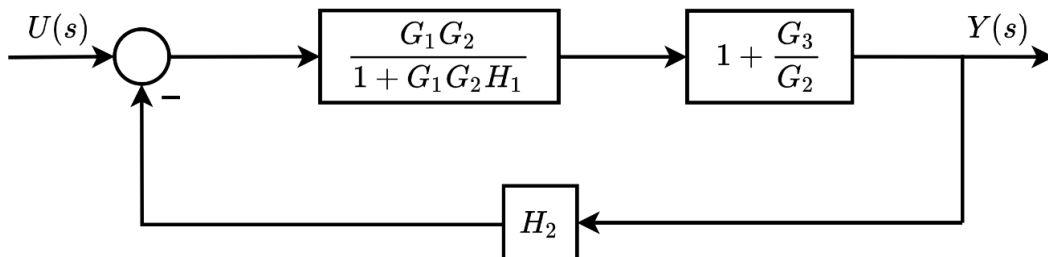


2. korak: redukcija zaporedne vezave in zanke G_x (označeno z zeleno barvo) ter vzporedne vezave G_y (označeno z modro barvo).

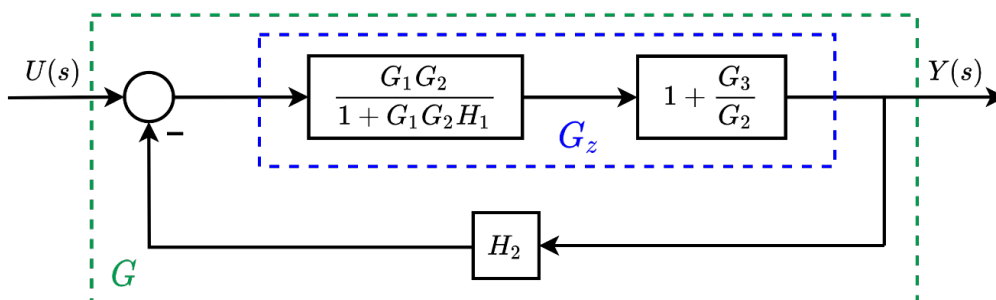


$$G_x = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 G_2 H_1}$$

$$G_y = 1 + \frac{G_3}{G_2}$$

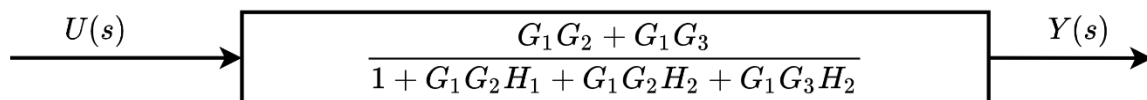


3. korak: zadnja redukcija zaporedne vezave G_z (označeno z modro barvo) in zanke G (označeno z zeleno barvo) ter končni rezultat.



$$G_z = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 G_2 H_1} \left(1 + \frac{G_3}{G_2} \right) = \frac{G_1 G_2 + G_1 G_3}{1 + G_1 G_2 H_1}$$

$$G = \frac{\frac{G_1 G_2 + G_1 G_3}{1 + G_1 G_2 H_1}}{1 + \frac{G_1 G_2 + G_1 G_3}{1 + G_1 G_2 H_1} H_2} = \frac{G_1 G_2 + G_1 G_3}{1 + G_1 G_2 H_1 + G_1 G_2 H_2 + G_1 G_3 H_2}$$



2 Predstavitev bločnega diagrama iz diferencialne enačbe

Primer 1

Iz pripadajoče diferencialne enačbe predstavimo bločni diagram:

$$\frac{1}{4}\ddot{y} - 2\ddot{y} + 3\dot{y} - 2y + 1 = 2u$$

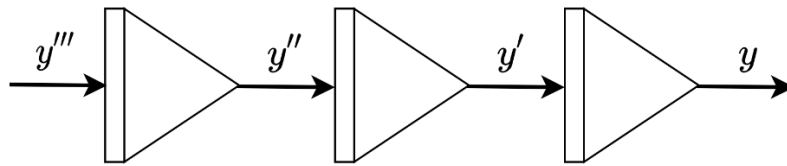
1. korak: diferencialno enačbo preuredimo na način, da ostane na levi strani najvišji odvod, vse ostalo prenesemo na desno stran. Ob tem jo pomnožimo s 4, da koeficient pri najvišjem odvodu postavimo na 1.

$$\frac{1}{4}\ddot{y} - 2\ddot{y} + 3\dot{y} - 2y + 1 = 2u \quad / \cdot 4$$

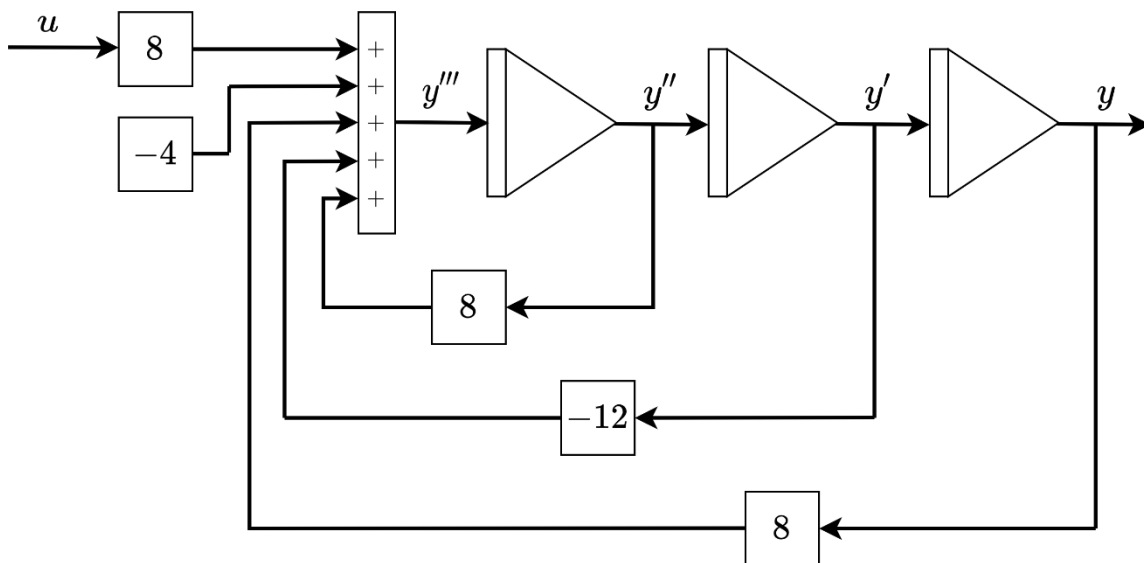
$$\ddot{y} - 8\ddot{y} + 12\dot{y} - 8y + 4 = 8u$$

$$\ddot{y} = 8\ddot{y} - 12\dot{y} + 8y - 4 + 8u$$

2. korak: narišemo kaskado treh integratorjev (diferencialna enačba je tretjega reda).



3. korak: na vhod dodamo seštevalnik s petimi vhodi in diagram zaključimo po preurejeni diferencialni enačbi.



Primer 2

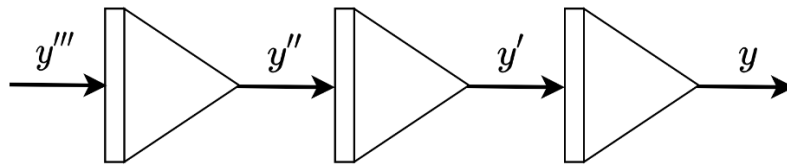
Iz pripadajoče diferencialne enačbe predstavimo bločni diagram:

$$\ddot{y} + 2\dot{y} - 1 = 6u$$

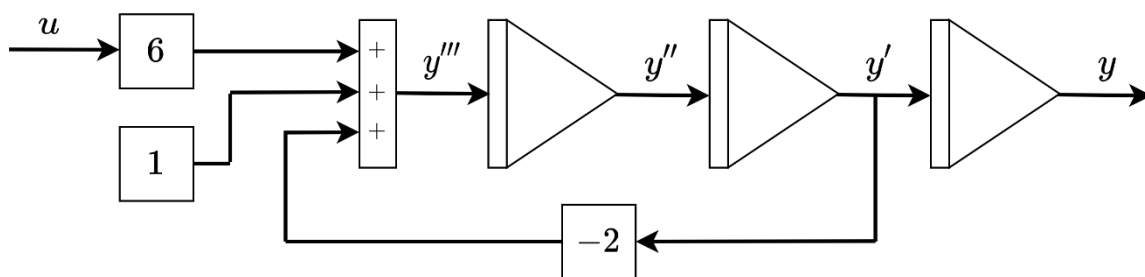
1. korak: diferencialno enačbo preuredimo na način, da ostane na levi strani najvišji odvod, vse ostalo prenesemo na desno stran.

$$\ddot{y} = -2\dot{y} + 1 + 6u$$

2. korak: narišemo kaskado treh integratorjev (diferencialna enačba je tretjega reda).



3. korak: na vhod dodamo seštevalnik s tremi vhodi in diagram zaključimo po preurejeni diferencialni enačbi.



3 Metode za numerično reševanje diferencialnih enačb

Izračunajmo rešitev spodnje diferencialne enačbe pri podanem začetnem pogoju pri vrednostih $x = 0, 0.1, 0.2$ in 0.3 . Korak pri izračunu je 0.1 .

Osnovni zapis:

$$y'(x) = 2x^3 + x^2 - 4x + 6, \quad y(0) = 2$$

Analitična metoda:

$$y(x) = \int (2x^3 + x^2 - 4x + 6) dx = \frac{1}{2}x^4 + \frac{1}{3}x^3 - 2x^2 + 6x + c$$

$$y(0) = 2 \rightarrow c = 2$$

Splošna rešitev:

$$y(x) = \frac{1}{2}x^4 + \frac{1}{3}x^3 - 2x^2 + 6x + 2$$

Rešitve po posameznih vrednostih x :

$$y(0) = 2$$

$$y(0.1) = \frac{1}{2}(0.1)^4 + \frac{1}{3}(0.1)^3 - 2(0.1)^2 + 6(0.1) + 2 = \mathbf{2.58038}$$

$$y(0.2) = \frac{1}{2}(0.2)^4 + \frac{1}{3}(0.2)^3 - 2(0.2)^2 + 6(0.2) + 2 = \mathbf{3.12346}$$

$$y(0.3) = \frac{1}{2}(0.3)^4 + \frac{1}{3}(0.3)^3 - 2(0.3)^2 + 6(0.3) + 2 = \mathbf{3.63305}$$

Eulerjeva metoda

Splošna enačba:

$$y_{n+1} = y_n + h \cdot f(x_n, y_n), \quad x_{n+1} = x_n + h$$

Začetni pogoji:

$$h = 0.1, x_0 = 0, y_0 = 2, f(x, y) = 2x^3 + x^2 - 4x + 6$$

1. korak:

$$x_1 = x_0 + h = 0 + 0.1 = 0.1$$

$$y(0.1) = y(x_1) = y_1 = y_0 + h \cdot f(x_0, y_0) = 2 + 0.1 \cdot f(0, 2) = 2 + 0.1 \cdot 6 = \mathbf{2.6}$$

2. korak:

$$x_2 = x_1 + h = 0.1 + 0.1 = 0.2$$

$$y(0.2) = y(x_2) = y_2 = y_1 + h \cdot f(x_1, y_1) =$$

$$y(0.2) = 2.6 + 0.1 \cdot f(0.1, 2.6) = 2.6 + 0.1 \cdot 5.612 = \mathbf{3.1612}$$

3. korak:

$$x_3 = x_2 + h = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

$$y(0.3) = y(x_3) = y_3 = y_2 + h \cdot f(x_2, y_2) =$$

$$y(0.3) = 3.1612 + 0.1 \cdot f(0.2, 3.1612) = 3.1612 + 0.1 \cdot 5.256 = \mathbf{3.6868}$$

Runge Kutta 2. reda (Heunova metoda)

Splošna enačba:

$$y_{n+1} = y_n + h \left(\frac{1}{2} k_1 + \frac{1}{2} k_2 \right)$$

$$x_{n+1} = x_n + h$$

$$k_1 = f(x_n, y_n)$$

$$k_2 = f(x_n + h, y_n + hk_1)$$

Začetni pogoji:

$$h = 0.1, x_0 = 0, y_0 = 2, f(x, y) = 2x^3 + x^2 - 4x + 6$$

1. korak:

$$x_1 = x_0 + h = 0 + 0.1 = 0.1$$

$$k_1 = f(x_0, y_0) = f(0, 2) = 6$$

$$k_2 = f(x_0 + h, y_0 + hk_1) = f(0 + 0.1, 2 + 0.1 \cdot 6) = f(0.1, 2.6) = 5.612$$

$$y(0.1) = y(x_1) = y_1 = y_0 + h \left(\frac{1}{2} k_1 + \frac{1}{2} k_2 \right) = 2 + 0.1 \left(\frac{1}{2} 6 + \frac{1}{2} 5.612 \right) = \mathbf{2.5806}$$

2. korak:

$$x_2 = x_1 + h = 0.1 + 0.1 = 0.2$$

$$k_1 = f(x_1, y_1) = f(0.1, 2.5806) = 5.612$$

$$k_2 = f(x_1 + h, y_1 + hk_1) = f(0.1 + 0.1, 2.5806 + 0.1 \cdot 5.612) = f(0.2, 3.1418) = 5.256$$

$$y(0.2) = y(x_2) = y_2 = y_1 + h \left(\frac{1}{2} k_1 + \frac{1}{2} k_2 \right) =$$

$$y(0.2) = 2.5806 + 0.1 \left(\frac{1}{2} 5.612 + \frac{1}{2} 5.256 \right) = \mathbf{3.124}$$

3. korak:

$$x_3 = x_2 + h = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

$$k_1 = f(x_2, y_2) = f(0.2, 3.124) = 5.256$$

$$k_2 = f(x_2 + h, y_2 + hk_1) = f(0.2 + 0.1, 3.124 + 0.1 \cdot 5.256) = f(0.3, 3.6496) \\ = 4.944$$

$$y(0.3) = y(x_3) = y_3 = y_2 + h \left(\frac{1}{2}k_1 + \frac{1}{2}k_2 \right) =$$

$$y(0.3) = 3.124 + 0.1 \left(\frac{1}{2}5.256 + \frac{1}{2}4.944 \right) = \mathbf{3.634}$$

Runge Kutta 4. reda

Splošna enačba:

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$x_{n+1} = x_n + h$$

$$k_1 = f(x_n, y_n)$$

$$k_2 = f\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}hk_1\right)$$

$$k_3 = f\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}hk_2\right)$$

$$k_4 = f(x_n + h, y_n + hk_3)$$

Začetni pogoji:

$$h = 0.1, x_0 = 0, y_0 = 2, f(x, y) = 2x^3 + x^2 - 4x + 6$$

1. korak:

$$x_1 = x_0 + h = 0 + 0.1 = 0.1$$

$$k_1 = f(x_0, y_0) = f(0, 2) = 6$$

$$k_2 = f\left(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}hk_1\right) = f\left(0 + \frac{1}{2}0.1, 2 + \frac{1}{2}0.1 \cdot 6\right) = f(0.05, 2.3) \\ = 5.80275$$

$$k_3 = f\left(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}hk_2\right) = f\left(0 + \frac{1}{2}0.1, 2 + \frac{1}{2}0.1 \cdot 5.80275\right) =$$

$$k_3 = f(0.05, 2.2901375) = 5.80275$$

$$k_4 = f(x_0 + h, y_0 + hk_3) = f(0 + 0.1, 2 + 0.1 \cdot 5.80275) = f(0.1, 2.580275) \\ = 5.612$$

$$y(0.1) = y(x_1) = y_1 = y_0 + \frac{1}{6}h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) =$$

$$y(0.1) = 2 + \frac{1}{6}0.1(6 + 2 \cdot 5.80275 + 2 \cdot 5.80275 + 5.612) = \mathbf{2.580383}$$

2. korak:

$$x_2 = x_1 + h = 0.1 + 0.1 = 0.2$$

$$k_1 = f(x_1, y_1) = f(0.1, 2.580383) = 5.612$$

$$k_2 = f\left(x_1 + \frac{1}{2}h, y_1 + \frac{1}{2}hk_1\right) = f\left(0.1 + \frac{1}{2}0.1, 2.580383 + \frac{1}{2}0.1 \cdot 5.612\right) =$$

$$k_2 = f(0.15, 2.860983) = 5.42925$$

$$k_3 = f\left(x_1 + \frac{1}{2}h, y_1 + \frac{1}{2}hk_2\right) = f\left(0.1 + \frac{1}{2}0.1, 2.580383 + \frac{1}{2}0.1 \cdot 5.42925\right) =$$

$$k_3 = f(0.15, 2.851845) = 5.42925$$

$$k_4 = f(x_1 + h, y_1 + hk_3) = f(0.1 + 0.1, 2.580383 + 0.1 \cdot 5.42925) =$$

$$k_4 = f(0.2, 3.123308) = 5.256$$

$$y(0.2) = y(x_2) = y_2 = y_1 + \frac{1}{6}h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) =$$

$$y(0.2) = 2.580383 + \frac{1}{6}0.1(5.612 + 2 \cdot 5.42925 + 2 \cdot 5.42925 + 5.256) \\ = \mathbf{3.123467}$$

3. korak:

$$x_3 = x_2 + h = 0.2 + 0.1 = 0.3$$

$$k_1 = f(x_2, y_2) = f(0.2, 3.123467) = 5.256$$

$$k_2 = f\left(x_2 + \frac{1}{2}h, y_2 + \frac{1}{2}hk_1\right) = f\left(0.2 + \frac{1}{2}0.1, 3.123467 + \frac{1}{2}0.1 \cdot 5.256\right) =$$

$$k_2 = f(0.25, 3.386267) = 5.09375$$

$$k_3 = f\left(x_2 + \frac{1}{2}h, y_2 + \frac{1}{2}hk_2\right) = f\left(0.2 + \frac{1}{2}0.1, 3.123467 + \frac{1}{2}0.1 \cdot 5.09375\right) =$$

$$k_3 = f(0.25, 3.378154) = 5.09375$$

$$k_4 = f(x_2 + h, y_2 + hk_3) = f(0.2 + 0.1, 3.123467 + 0.1 \cdot 5.09375) =$$

$$k_4 = f(0.3, 3.632841) = 4.944$$

$$y(0.3) = y(x_3) = y_3 = y_2 + \frac{1}{6}h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) =$$

$$\begin{aligned}y(0.3) &= 3.123467 + \frac{1}{6} 0.1(5.256 + 2 \cdot 5.09375 + 2 \cdot 5.09375 + 4.944) \\ &= \mathbf{3.63305}\end{aligned}$$

TEHNOLOŠKO MODELIRANJE

ENERGETSKIH PROCESOV:

ZBIRKA REŠENIH VAJ

DALIBOR IGREC

Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, Krško, Slovenija
dalibor.igrec@guest.um.si

Povzetek Zbirka rešenih vaj predstavlja dodatno učno gradivo z rešenimi nalogami pri predmetu Tehnološko modeliranje energetskih procesov, ki je namenjeno predvsem študentom magistrskega študija na Fakulteti za energetiko Univerze v Mariboru. Gradivo zajema tri ključna poglavja, ki jih je v okviru predmeta potrebno razumeti in znati samostojno rešiti. Prvo poglavje predstavlja poenostavljanje bločnih diagramov, kjer je s pomočjo pravil algebre na primerih prikazan postopek poenostavljanja po posameznih korakih. Drugo poglavje zajema predstavitev bločnega diagrama iz diferencialne enačbe, kjer je iz pripadajoče diferencialne enačbe prikazana pretvorba v bločni diagram. Zadnje poglavje zajema metode za numerično reševanje diferencialnih enačb, kjer je na primeru diferencialne enačbe pri podanem začetnem pogoju s celotnim postopkom prestavljen izračun po analitični in Eulerjevi metodi ter metodi Runge Kutta 2. in 4. reda.

Ključne besede:

bločni diagram,
diferencialna enačba,
numerično reševanje
diferencialnih enačb,
analitična metoda,
Eulerjeva metoda,
Runge Kutta
2. in 4. reda.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko