



ZÁPADOČESKÁ  
UNIVERZITA  
V PLZNI



# Přednáška DYNAST

Karel Noháč  
ZČU, FEL, KEE

# Základní popis

## Účel programu

Program DYNAST (DYNamika A STatistika) slouží k simulaci a ke statické, časové (dynamické i kinematické) a kmitočtové analýze lineárních i nelineárních dynamických soustav i k analýze jejich závislostí na různých parametrech v mnoha fyzikálních disciplínách.

## Popis systému:

- algebro-diferenciálními rovnicemi s podmíněnými, logickými výrazy a událostmi
- blokovými schémata (ala Simulink)
- branovými (multipólovými) schémata (ala SimScape, Modelica)
- či jejich kombinacemi

# Základní popis

## **Unikátní vlastnosti nástroje DYNAST:**

- Vysoce univerzální a flexibilní systém zadávání:
  - Tři způsoby formálního popisu (plus kombinace)
  - Možný implicitní tvar rovnic interpretovaný s potlačením potencionálních algebraických smyček.
  - Formulace interaktivní v grafickém prostředí, nebo zdrojovým textem.
- Zcela volně použitelný a otevřený nástroj včetně systémových základních knihoven a jednotlivých prvků.
- Spustitelný na mnoha platformách (MS Windows, UNIX, MS-DOS, CP/M, ...) s minimálními HW požadavky.
- Velmi výkonný, zvláště pro nelineární problémy, i na běžném PC.
- Výstupy využitelné v jiných nástrojích.
- Automatická tvorba dokumentace, webového publikování výstupů a ilustračních animací.
- Tradičně využíván na ČVUT a ZČU/FEL.

# Vývoj programu

- Program DYNAST vychází z programu SADYS, který navazoval na několik verzí programu DAVID, které byly vytvořeny na katedře teorie obvodů FEL ČVUT.
- Program DAVID4 v roce 1952 úspěšně obstál při národních a v roce 1983 i při mezinárodních zkouškách programů, na jejichž základě byl zařazen do katalogu programů RVHP.
- Program SADYS vznikl na osmibitových výpočetních prostředcích s 64 kB pod operačním systémem CP/M v jazyku FORTRAN IV. Byly vypracovány verze pro
  - minipočítače řady SM s operačním systémem DOS RV
  - i pro počítače řady EC s operačním systémem DOS.

# Vývoj programu

- Současná verze programu DYNAST je naprogramována v jazyce C, rozšiřující komponenty pro dokumentaci potom v jazyce Java.
- Aktuální verze DYNAST 4.0.1 je 32-bitová aplikace pro MS-Windows s grafickým uživatelským prostředím vyžadující méně než 50 MB instalačního prostoru na pevném disku.
- Výpočetní jádro DYNAST je provozovatelné bez virtualizace i pod operačními systémy LINUX a MS-DOS.

# Schopnosti analýzy

**DYNAST umí pro nelineární systémy vyšetřit:**

- Přechodné odezvy na buzení a počáteční podmínky.
- Statické nebo ustálené odezvy i jejich závislost na změnách parametrů.
- Odezvy na malé i velké signály v okolí pracovního bodu.
- Fourierovu analýzu ustálených periodických odezev.
- Linearizované modely v okolí pracovního bodu.

# Schopnosti analýzy

**Pro linearizované modely DYNAST umí vyšetřit:**

- Laplaceovy obrazy odezev na buzení i počáteční stav
- Časové charakteristiky a odezvy v semisymbolickém tvaru
- Přenosové funkce a jejich koeficienty i kořeny jejich polynomů
- Složky frekvenčních charakteristik přenosových funkcí

DYNAST je dále schopen exportovat semisymbolické přenosové funkce do prostředí MATLABu i provádět společnou simulaci se Simulinkem.

# Základní popis

## Použité metody

Způsob automatické formulace rovnic popisujících branová schémata, který je v programu DYNAST použit, je založen na modifikované metodě uzlových napětí. V případě **časové analýzy** program používá formulaci v podobě soustavy obyčejných obecně nelineárních algebro-diferenciálních rovnic 1. řádu v implicitním tvaru:

$$F(x(t), x'(t), t) = 0$$

kde  $x(t)$  je vektor tzv. primárních proměnných,  $x'(t)$  je vektor derivací primárních proměnných podle nezávisle proměnné  $t$  a  $F(x, x'(t), t)$  je vektorová funkce.

K řešení soustavy při časové analýze se používá implicitní vícekroková **integrační metoda**.



# Kontakt na internetu

## **Základní adresa autorů:**

<http://virtual.cvut.cz/dynast/>

## **Stažení prostředí pro PC:**

<http://virtual.cvut.cz/dynast/download/dynshell-install.exe>

## **Tento dokument:**

<http://home.zcu.cz/~nohac/Dynast/Prednasky/>

# Kontakt na internetu

The screenshot shows a web browser window with a single tab titled "DYNAST Download". The address bar contains the URL "virtual.cvut.cz/dynast/". The page header includes the text "DYNAST for Windows" and three navigation links: "Home" (highlighted in a blue button), "Česky", and "Contact". The main content area features a large grey box with the word "DYNAST" in a large, bold, black font. To the right of "DYNAST" is a green button with the text "Free Download". Below this, the text reads: "The full version of DYNAST for Windows is 4.0.1, Feb 22<sup>nd</sup> 2015." Below the grey box, there are two columns of text. The left column has a section header "System requirements" followed by a bulleted list: "IBM compatible PC computer" and "MS Windows 2000/NT/XP/Vista/7/8". Below this is another section header "Installation instructions" followed by a bulleted list: "Download the installation file [dynshell-install.exe](#)", "Run the downloaded installation file", and "Follow the instructions of the setup program". The right column has a bulleted list with one item: "User's Guide for DYNAST". Below this is a section header "DYNAST solved examples" followed by a paragraph: "Examples of solved equations and simulated real systems that can be modified and re-submitted just by clicking a button".

DYNAST for Windows

Home Česky Contact

## DYNAST

Free Download

The full version of DYNAST for Windows is 4.0.1,  
Feb 22<sup>nd</sup> 2015.

### System requirements

- IBM compatible PC computer
- MS Windows 2000/NT/XP/Vista/7/8

### Installation instructions

- Download the installation file [dynshell-install.exe](#)
- Run the downloaded installation file
- Follow the instructions of the setup program

- [User's Guide for DYNAST](#)

### DYNAST solved examples

Examples of solved equations and simulated real systems that can be modified and re-submitted just by clicking a button

# Kontakt na internetu

## **Knihovna řešených příkladů:**

<http://virtual.cvut.cz/dyn/examples/>

## **Příručka:**

<http://virtual.cvut.cz/vypocty/prirucka.pdf>

## **Kurz multipólového modelování:**

<http://virtual.cvut.cz/dynlabcourse/index.html>

## **Aktuální portál:**

<https://sites.google.com/site/dynasthelp/>

# Knihovna řešených příkladů

virtual.cvut.cz/dyn/exampl x

virtual.cvut.cz/dyn/examples/

## Resolvable Examples

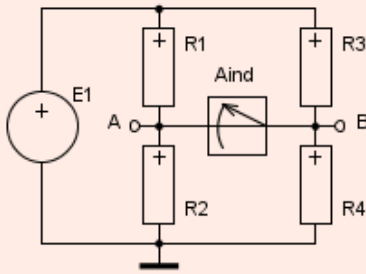
- Systems
  - Equations
  - Electrical
    - Voltage divider
    - Current divider
    - Resistive bridge circuit**
    - Power transfer in resistive systems
    - RC integrating circuit
    - RL derivative circuit
    - Parallel RLC circuit
    - RC circuit with time-varying resistor
    - RLC circuit with nonlinear resistor
    - RLC circuit with switch
    - RC high frequency filter
    - Four-order LC Chebychev filter
    - Serial resonant network
    - Fourier Synthesis
    - Linear transformer
    - Group delay of a second-order low-pass filter
    - Comparing lossy transmission line models
    - Experiments with a lossy transmission line
  - Electronic
  - Power-electronic
  - Electro-mechanical
  - Mechanical
  - Fluid-power
  - Heat-transfer
  - Control
  - Multi-domain

Example: DCWHEAT

## Resistive bridge circuit

### System

The Wheatstone resistive bridge is widely used to measure unknown resistances.



### System excitation

Source of constant voltage  $E_1$ .

### Parameters

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| $E_1 = 10$ [V]          | DC supply voltage |
| $R_1 = 2k$ [ $\Omega$ ] | bridge resistance |
| $R_2 = 1k$ [ $\Omega$ ] | bridge resistance |
| $R_3 = 4k$ [ $\Omega$ ] | bridge resistance |

### Task

1. Calculate the  $R_4$  resistance for which the bridge is balanced.
2. Use the sweep static (DC) analysis to verify the result.
3. Calculate the current through the current indicator when  $R_4 = 1k\Omega$ .
4. Verify the value of the current using results from the static analysis.

Click to see solution

virtual.cvut.cz/dyn/examples/examples/electrical/dcweat/index.html

# Knihovna řešených příkladů

virtual.cvut.cz/dyn/example: x

virtual.cvut.cz/dyn/examples/

## Resolvable Examples

- Systems
  - Equations
    - Linear algebraic equations
    - Nonlinear differential equations**
    - Polynomial roots
    - Evaluation of explicit equations
    - Four-bar linkage kinematic analysis
    - Nonlinear algebraic equations
    - Third-order differential equation
    - Bessel's differential equation
    - Equation of mathematical pendulum
    - Equations of double pendulum
    - Van der Pol's equation
    - Cornu's spiral
    - Equations of Hoffmann's hydraulic mechanism
  - Electrical
  - Electronic
  - Power-electronic
  - Electro-mechanical
  - Mechanical
  - Fluid-power
  - Heat-transfer
  - Control
  - Multi-domain
  - Submodels

Download: DYNAST Software DYNAST Guide

Example: EQ56

## Nonlinear differential equations

### Task

Solve the explicit, or normal-form, nonlinear differential equations

$$\dot{r} = -0.1r + mf$$
$$\dot{m} = 0.1r - m + 0.1f^2 - mf$$
$$\dot{f} = 0.1r + 2m - mf - 0.2f^2 - 1000f$$

for  $0 \leq t \leq 12\text{s}$  and  $f(0) = 9.975$ ,  $m(0) = 1.674$  and  $r(0) = 84.99$ .

[Click to see solution](#)

### Last Update

March 14, 2008

## Solution

Converted into the implicit form the equations take the shape:

$$0 = -\dot{r} - 0.1r + mf$$
$$0 = -\dot{m} + 0.1r - m + 0.1f^2 - mf$$
$$0 = -\dot{f} + 0.1r + 2m - mf - 0.2f^2 - 1000f$$

### Results

Nonlinear differential equations

| time [s] | r     | m     | f     |
|----------|-------|-------|-------|
| 0        | 84.99 | 1.674 | 9.975 |
| 1        | 78    | 5.5   | 0     |
| 2        | 72    | 6.8   | 0     |
| 4        | 62    | 6.2   | 0     |
| 6        | 52    | 5.2   | 0     |
| 8        | 45    | 4.2   | 0     |
| 10       | 38    | 3.5   | 0     |
| 12       | 32    | 3.0   | 0     |

# Knihovna řešených příkladů

virtual.cvut.cz/dyn/example: x

virtual.cvut.cz/dyn/examples/

## Resolvable Examples

- Systems
  - Equations
    - Linear algebraic equations
    - Nonlinear differential equations**
    - Polynomial roots
    - Evaluation of explicit equations
    - Four-bar linkage kinematic analysis
    - Nonlinear algebraic equations
    - Third-order differential equation
    - Bessel's differential equation
    - Equation of mathematical pendulum
    - Equations of double pendulum
    - Van der Pol's equation
    - Cornu's spiral
    - Equations of Hoffmann's hydraulic mechanism
  - Electrical
  - Electronic
  - Power-electronic
  - Electro-mechanical
  - Mechanical
  - Fluid-power
  - Heat-transfer
  - Control
  - Multi-domain
  - Submodels

Download: DYNAST Software DYNAST Guide

Example: EQS6

## Nonlinear differential equations

### Task

Solve the explicit, or normal-form, nonlinear differential equations

$$\dot{r} = -0.1r + mf$$
$$\dot{m} = 0.1r - m + 0.1f^2 - mf$$
$$\dot{f} = 0.1r + 2m - mf - 0.2f^2 - 1000f$$

for  $0 \leq t \leq 12$ s and  $f(0) = 9.975$ ,  $m(0) = 1.674$  and  $r(0) = 84.99$ .

[Click to see solution](#)

### Last Update

March 14, 2008

### Input and output data

### Parameter modification

You can modify here the model parameters and re-submit the problem to DYNAST to receive new results.

```
*: Nonlinear differential equations
*SYSTEM;
SYSVAR r, m, f;
0 = - VD.r - .1*r + m*f;
0 = - VD.m + .1*r - m + .1*f**2 - m*f;
0 = - VD.f + .1*r + 2*m - m*f - .2*f**2 - 1000*f;
*TR; TR 0 12;
INIT f = 9.975, m = 1.674, r = 84.99;
PRINT r, m, f;
RUN; *END;
```

time [s]

[Submit to DYNAST](#) [Reset Data](#)

# Kontakt na internetu

virtual.cvut.cz/dyn/examp... x Downloading DYNAST &... x

virtual.cvut.cz/dyn/download/public/

Download DYNAST & Accessories

Download DYNAST & Accessories

**About DYNAST**

*DYNAST* is a software package for efficient and easy *modeling, simulation and analysis of multidisciplinary nonlinear dynamic systems*. Dynamic multipole models that can be set up in DYNAST in a graphical form characterize directly the real configuration of dynamic systems. The multipole models, however, can be combined with equations and block diagrams. DYNAST not only solves nonlinear algebro-differential equations, but also automatically formulates them for the multipole models. So there is *no need to form any equations, block diagrams, or bond graphs*. DYNAST is also able to linearize the models and to provide their *semisymbolic analysis* in time- and frequency-domains.

**DYNAST on-line**

**User's support**

- [User's Guide](#) for DYNAST
- [Re-solvable examples](#) of solved equations and simulated real systems that can be modified and re-submitted just by clicking a button
- [Web-based Course on multipole modeling](#) of multidisciplinary engineering systems

**Downloading DYNAST Shell**

To utilise the server-based *DYNAST Solver* in the on-line mode across the Internet, you need to [download](#) the working environment called *DYNAST Shell*. This package will give you also access to the DYNAST publishing system.

DYNAST was last updated on October 15, 2008, version is 3.9.23.

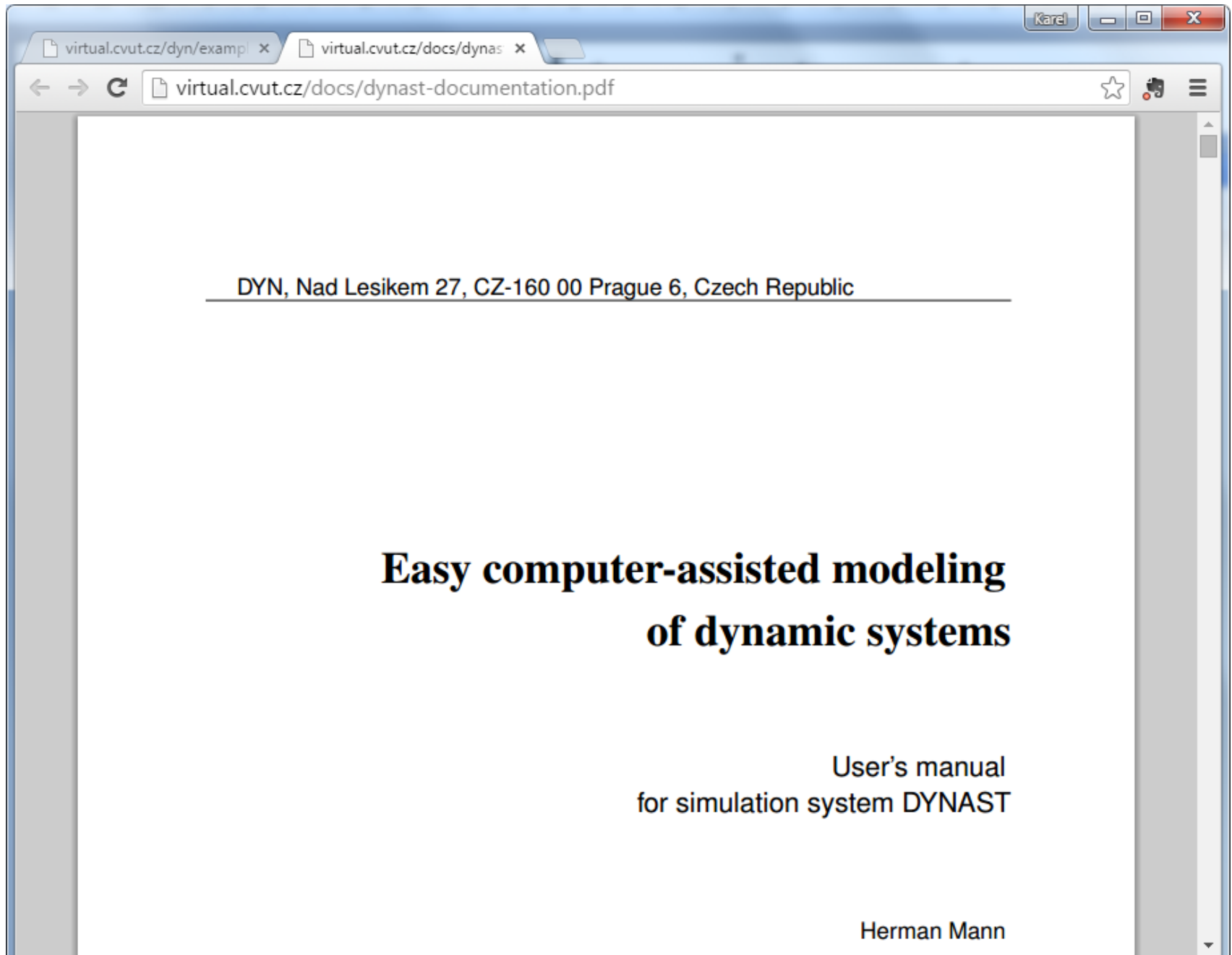
**System requirements**

- IBM compatible PC computer
- MS Windows 2000/NT/XP
- [GhostView and GhostScript](#) to view and print reports generated by the DYNAST publishing system

**Installation instructions**

- Download the installation file to a temporary directory

# Kontakt na internetu





# Kontakt na internetu



# Kontakt na internetu

virtual.cvut.cz/dyn/examp... x dynlab x

virtual.cvut.cz/dynlabcourse/index.html

**DynLAB** **Course on Modeling and Control of Multidisciplinary Systems**

Leonardo da Vinci Programme Pilot Project No: CZ/02/B/F/PP/134001

Education and Culture  
**Leonardo da Vinci**

This Web Based Course presents a novel approach to modeling allowing the integration of various engineering disciplines using a unified approach. It is supported by DYNAST simulator freely available for use across the internet. The course provides an extensive range of interactively re-solvable examples and virtual reality experiments.

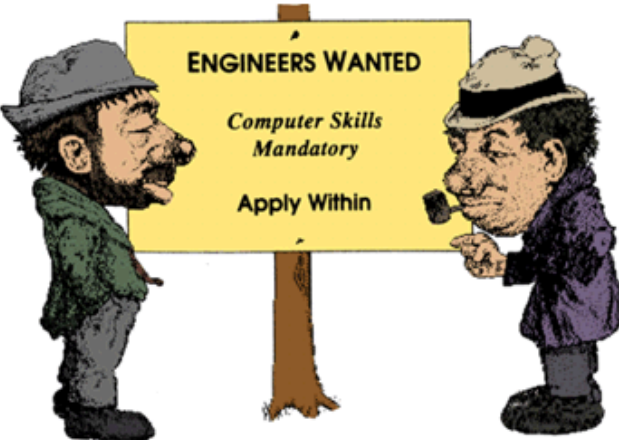
[Re-solvable examples](#)

**Course parts for printing:**

1. [Modeling and Simulation](#)
2. [Modeling of Semiconductors](#)
3. [System Control](#)
4. [Nonlinear Control Systems](#)

**Downloads:** [DYNAST software](#)  
[Course poster](#)  
[DYNAST poster](#)

[Indicator of project dissemination](#)



Geez Joe, – now I wish I took that DynLAB course!

This page was last updated by the [DynLAB Coordinator](#) on July 26, 2005.

# Typy řešícího programu

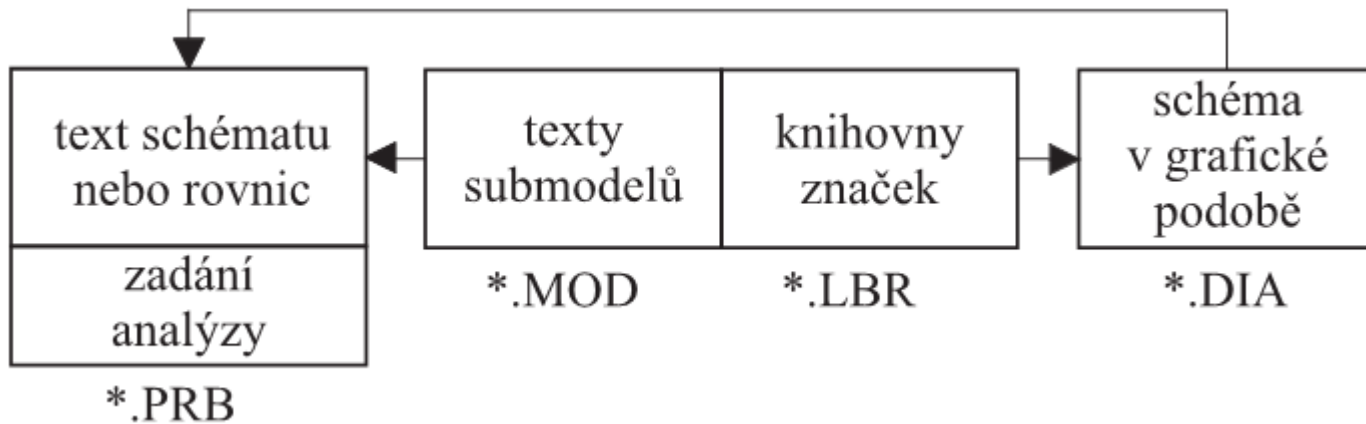
- Solver online umožňuje řešení úloh na serveru ČVUT bez omezení jejich rozsahu
- Firewall-immune Solver online můžete vyzkoušet, brání-li vám firewall využívat předešlý řešič
- Lite Solver offline lze použít bez připojení na Internet, ale jen pro úlohy o malém rozsahu
- Student Solver offline umožňuje řešit větší úlohy než Lite Solver, vyžaduje však softwarový klíč
- Professional Solver offline řeší úlohy bez omezení, vyžaduje však hardwarový klíč

# Typy souborů

| TYP                          | SOUBOR             | POPIS                                 |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| <i>specifikace úloh</i>      |                    |                                       |
| *.PRB                        | text úlohy         | text zadání soustavy a její analýzy   |
| *.DIA                        | schéma úlohy       | schéma soustavy v grafické podobě     |
| *.O                          | výsledný text      | text s výsledky analýz                |
| *.INIT                       | počáteční podmínky | počáteční podmínky nelineární analýzy |
| *.FTN                        | tabelovaná funkce  | text s hodnotami tabelované funkce    |
| *.LAY                        | uspořádání oken    | uspořádání oken v DYNAST Shellu       |
| <i>specifikace submodelů</i> |                    |                                       |
| *.MOD                        | text submodelu     | text zadání submodelu                 |
| *.DIA                        | schéma submodelu   | schéma submodelu v grafické podobě    |
| *.LBR                        | knihovna značek    | knihovna grafických značek submodelů  |
| *.CAT                        | katalog parametrů  | katalog parametrů modelovaných částí  |

# Typy souborů

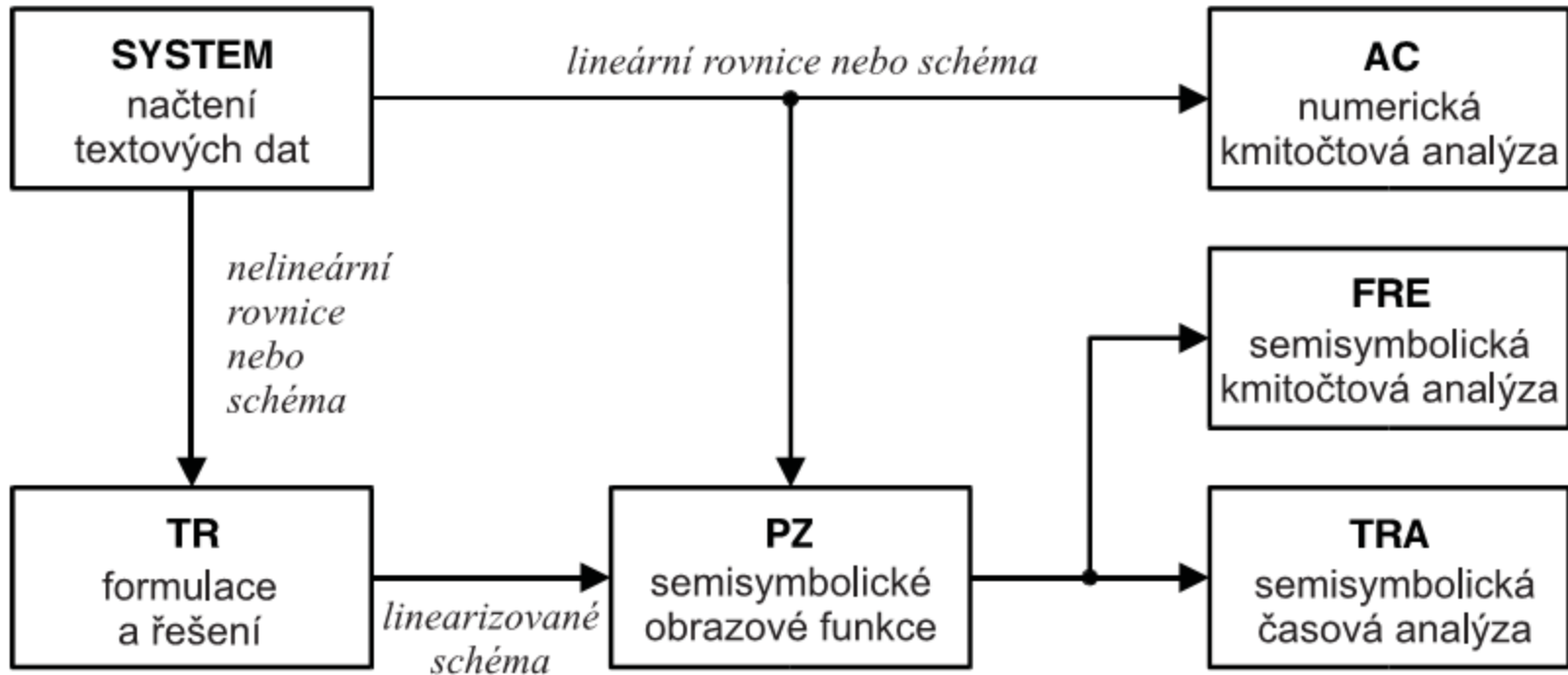
| TYP                          | SOUBOR             | POPIS                                 |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| <i>specifikace úloh</i>      |                    |                                       |
| *.PRB                        | text úlohy         | text zadání soustavy a její analýzy   |
| *.DIA                        | schéma úlohy       | schéma soustavy v grafické podobě     |
| *.O                          | výsledný text      | text s výsledky analýz                |
| *.INIT                       | počáteční podmínky | počáteční podmínky nelineární analýzy |
| *.FTN                        | tabelovaná funkce  | text s hodnotami tabelované funkce    |
| *.LAY                        | uspořádání oken    | uspořádání oken v DYNAST Shellu       |
| <i>specifikace submodelů</i> |                    |                                       |
| *.MOD                        | text submodelu     | text zadání submodelu                 |
| *.DIA                        | schéma submodelu   | schéma submodelu v grafické podobě    |
| *.LBR                        | knihovna značek    | knihovna grafických značek submodelů  |
| *.CAT                        | katalog parametrů  | katalog parametrů modelovaných částí  |



# Sekce a tok dat v DYNASTu

| Sekce  | Účel  |
|--------|---|
| SYSTEM | Načtení zadání analyzované soustavy v podobě algebro-diferenciálních rovnic, blokového či branového schématu nebo jejich kombinace. Zadání výpočtu událostí a intervalů.  |
| (APP)  | Účel této sekce je shodný se sekci SYSTEM s tím, že navíc umožňuje dodatečné načítání dalších rovnic nebo blokových či branových prvků.   |
| TR     | Výpočet statického řešení, výpočet časového řešení vycházející ze zadaných počátečních podmínek nebo ze statického řešení, výpočet závislostí veličin soustav na změnách jejich parametrů, výpočet kmitočtového spektra ustáleného periodického řešení, výpočet událostí v průbězích odezev a jejich intervalů, linearizace soustav v klidovém nebo zadaném pracovním bodě. |
| PZ     | Semisymbolická analýza, tj. výpočet pólů, nul a koeficientů přenosových funkcí a obrazů odezev na počáteční stav linearizovaných soustav.   |
| FRE    | Výpočet různých složek kmitočtových charakteristik semisymbolicky vyjádřených přenosových funkcí.   |
| TRA    | Semisymbolický a numerický výpočet časových charakteristik a odezev semisymbolických přenosových funkcí.  |

# Sekce a tok dat v DYNASTu



# Sekce a tok dat v DYNASTu

Vstupní údaje pro program DYNAST se zadávají formou **vstupních vět**, které se ukončují znakem ; (středník)

**Věta** může pokračovat i na několika řádcích. Na jednom řádku může být i několik vět. Přípustný počet znaků na jediném řádku je 80.

**Identifikátory** používané ve vstupních údajích např. k označování parametrů, proměnných, prvků a uzlů analyzovaných soustav mohou sestávat až z osmi abecedně-číselných znaků a podtržítka (bez mezer).

**Komentáře** a direktivy dokumentačního systému jsou uvozeny : (dvojtečkou)



# Sekce a tok dat v DYNASTu

Celkové uspořádání údajů ve vstupním souboru programu DYNAST je následující:

: komentář

\*sekce

.

. *údaje pro sekci*

.

\*sekce

.

. *údaje pro sekci*

.

\*sekce

.

.

.

\*END

# Třídění proměnných

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Nezávisle proměnné | vnitřní    |
|                    | vnější     |
| Závisle proměnné   | primární   |
|                    | sekundární |

## Vnitřní nezávisle proměnné

| Proměnná | Význam                               |
|----------|--------------------------------------|
| TIME     | obvykle čas v s                      |
| TEMP     | parametr, např. teplota v kelvinech  |
| FREQ     | kmitočet v Hz                        |
| SIGMA    | reálná část Laplaceova operátoru $p$ |
| GAMA     | integrační parametr                  |

# Třídění proměnných

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Nezávisle proměnné | vnitřní    |
|                    | vnější     |
| Závisle proměnné   | primární   |
|                    | sekundární |

**Vnější proměnné** jsou nezávisle proměnné, jejichž identifikátory si definuje sám uživatel programu. Tyto proměnné program vypočítá prostým dosazením do zadaných explicitních vztahů.

# Třídění proměnných

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Nezávisle proměnné | vnitřní    |
|                    | vnější     |
| Závisle proměnné   | primární   |
|                    | sekundární |

**Závisle proměnné** jsou v programu rozlišeny jako primární a sekundární.

Výpočet **primárních proměnných** vyžaduje řešení alespoň jedné implicitní rovnice nebo analýzu blokového či branového schématu.

# Třídění proměnných

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Nezávisle proměnné | vnitřní    |
|                    | vnější     |
| Závisle proměnné   | primární   |
|                    | sekundární |

**Sekundární proměnné** program vypočítá prostým dosazením do zadaných explicitních vztahů podobně jako v případě vnějších nezávislých proměnných. Rozdíl je však v tom, že ve vztazích pro výpočet sekundárních závisle proměnných vystupuje jako argument alespoň jedna primární závisle proměnná, zatímco v definičních vztazích mohou vystupovat pouze nezávisle proměnné. Sekundární proměnné lze získat i z veličin blokových a branových schémat.

# Nejjednodušší příklad

```
*SYSTEM;
```

```
b=3;
```

```
c=-4;
```

```
SYSVAR x;
```

```
0=x**2+b*x+c;
```

```
*TR;
```

```
DC;
```

```
PRINT x;
```

```
RUN;
```

```
*END;
```

Number of nodes: 1

Number of implicit equations: 1

1 ... x

1

1.000000e+000

# Nejjednodušší příklad

The screenshot shows the DYNAST Shell interface with two windows. The left window, titled 'Res...', contains the input code for solving a quadratic equation. The right window, titled 'ReseniKvadratickeRovnice', shows the program's output, including version information, execution date, and the solution for x.

```
DYNAST Shell - ReseniKvadratickeRovnice
File Edit View Errors Run Preferences Window Help
[Icons]
Res...
*SYSTEM;
b=3;
c=-4;

SYSVAR x;
0=x**2+b*x+c;

*TR;
DC;
PRINT x;
RUN;

*END;

ReseniKvadratickeRovnice
##### DYNAST - FREE VERSION #####
#
#           DYNAST - Free Version
#
##### version 3.9.23 - release date July 23, 2008 #####

Program DYNAST started on October 24, 2014 at 00:52:25

*SYSTEM;
b=3;
c=-4;

SYSVAR x;
0=x**2+b*x+c;

*TR;
DC;
PRINT x;
RUN;

*END;

Number of nodes:      1
Number of implicit equations:  1

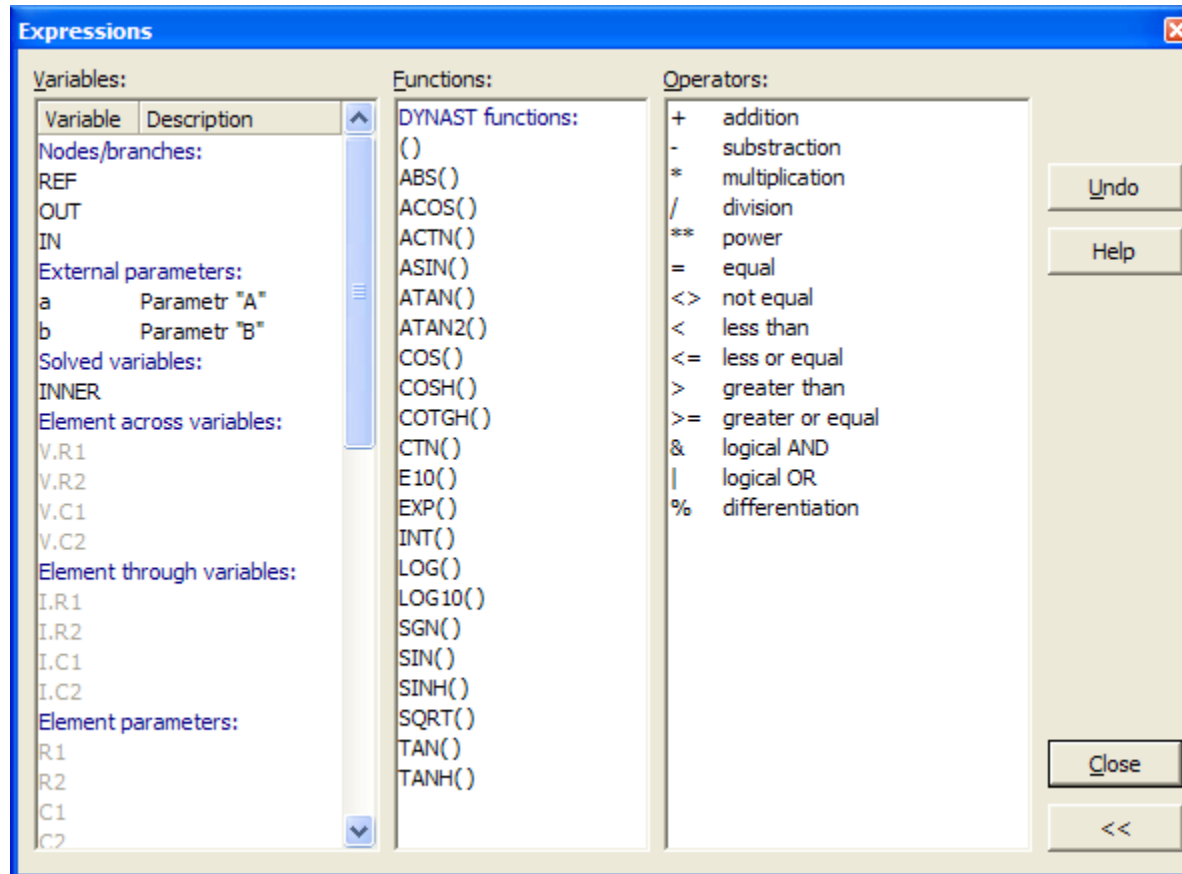
|
1 ...      x
          1
1.000000e+000

Statistics: 0 steps, 0 rejected steps, 5 iterations

Number of errors: 0, Number of warnings: 0
Total seconds used up by DYNAST: 0
Program DYNAST exited on October 24, 2014 at 00:52:25
All open files have been automatically saved
```

# Zadávání výrazů

z menu System volbou Insert Expressions (Vložit výraz)





# Numerické konstanty

*mantisa* [E *exponent*]    nebo jako    *mantisa* [*přípona*[\_*jednotka*]]

| PŘÍPONA | NÁSOBNÁ KONSTANTA | HODNOTA    |
|---------|-------------------|------------|
| T       | tera              | $10^{12}$  |
| G       | giga              | $10^9$     |
| ME      | mega              | $10^6$     |
| K       | kilo              | $10^3$     |
| M       | mili              | $10^{-3}$  |
| U       | micro             | $10^{-6}$  |
| N       | nano              | $10^{-9}$  |
| P       | pico              | $10^{-12}$ |
| F       | femto             | $10^{-15}$ |
| PI      | Ludolfovo číslo   | $\pi$      |

**Příklady.** Všechny následující numerické konstanty jsou z hlediska DYNASTu přípustné:

```
{ -3.4    .3    67.08E-10    6.3K    5N    1K_VOLT    100_OHM    -1PI }
```

# Operátory

| OPERÁTOR | PRIORITA | OPERACE               |
|----------|----------|-----------------------|
| **       | 5        | umocňování            |
| *        | 4        | násobení              |
| /        | 4        | dělení                |
| +        | 3        | sčítání               |
| -        | 3        | odčítání              |
| %        | 0        | symbolické derivování |

- příkaz %TIME označuje symbolické derivování vzhledem k času předcházejícího symbolického výrazu zadaného uživatelem
- příkaz VD .*proměnná* značí numericky derivovanou proměnnou *proměnná* vzhledem k času, přičemž průběh této proměnné počítá DYNAST při řešení implicitních rovnic

# Operátory

**Příklady.** Následující příklady ukazují aritmetické vztahy a tvar jejich zadání pro DYNAST.

$$x = k \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2}$$

$$x = k * (a ** 2 + b ** 2) ** (1 / 2) / 2 ;$$

$$y = \frac{d}{dt} \left( \frac{t}{1 - t^3} \right)$$

$$y = \text{TIME} / (1 - \text{TIME} ** 3) \% \text{TIME} ;$$

$$p = \frac{d}{dx} (x^3 - 2x)$$

$$p = x ** 3 - 2 * x \% x ;$$

$$s = x \frac{d}{dx} \left( \frac{x^2}{x + 1} \right) + x$$

$$s = x * (x ** 2 / (x + 1) \% x) + x ;$$

$$z = \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left( \frac{x^2 + y^2}{x} \right)$$

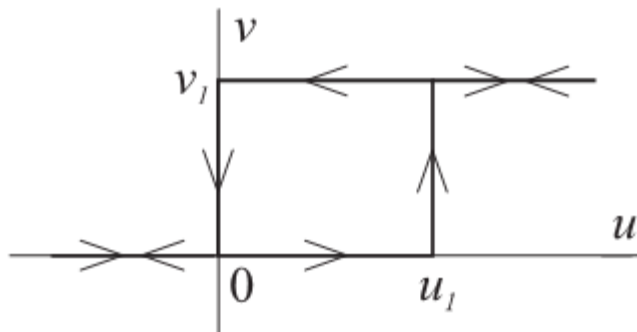
$$z = (x ** 2 + y ** 2) / x \% x \% y ;$$

# Operátory

| OPERÁTOR | PRIORITA | OPERACE          |
|----------|----------|------------------|
| ~        | 6        | logická negace   |
| <        | 2        | menší než        |
| >        | 2        | větší než        |
| <=       | 2        | menší nebo roven |
| >=       | 2        | větší nebo roven |
| <>       | 2        | není roven       |
| =        | 2        | rovnost          |
| &        | 1        | logické AND      |
|          | 1        | logické OR       |

$$y = \begin{cases} 10 & \text{pro } z \leq 2 \\ 3z + 4 & z > 2 \end{cases}$$

$$Y = 10 * (Z <= 2) + (3 * Z + 4) * (Z > 2);$$



$$v = v1 * ((u >= u1) | ((u > 0) & (VD.u < 0)));$$

# Standardní funkce

| TYP  | FUNKCE           | TYP   | FUNKCE                  |
|------|------------------|-------|-------------------------|
| EXP  | exponenciální    | E10   | dekadická exponenciální |
| SQRT | odmocnina        | LOG10 | dekadický logaritmus    |
| SIN  | sinus            | LOG   | přirozený logaritmus    |
| COS  | kosinus          | ABS   | absolutní hodnota       |
| TAN  | tangents         | INT   | celá část               |
| CTN  | kotangens        | SGN   | signum                  |
| ASIN | arcus sinus      | SINH  | hyperbolický sinus      |
| ACOS | arcus kosinus    | COSH  | hyperbolický kosinus    |
| ATAN | arcus tangents   | TANH  | hyperbolický tangens    |
| ACTN | arcus cotangents | COTGH | hyperbolický kotangents |

$$x = a \cdot \sin(b^2 + 3)$$

$$X = A * \text{SIN}(B**2 + 3);$$

$$y = \frac{3}{\sqrt{a^2 + 10 \cos 5(a + b)^2}}$$

$$Y = 3/\text{SQRT}(A**2 + 10*\text{COS}(5*(A + B)**2));$$

$$z = \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} x^3 e^{\tan y}$$

$$Z = X**3*\text{EXP}(\text{TAN}(Y))\%X\%Y;$$

# Uživatelské funkce - Tabelované

Insert Tabular Function (Vložit tabelovanou funkci) zvolený v menu System

Insert Function

Tabular | Transformation | Trimming | Periodicity

Identifier: DIO

Points:

| Argument | Function |
|----------|----------|
| -1k      | -10      |
| 0        | 0        |
| 30       | 1k       |

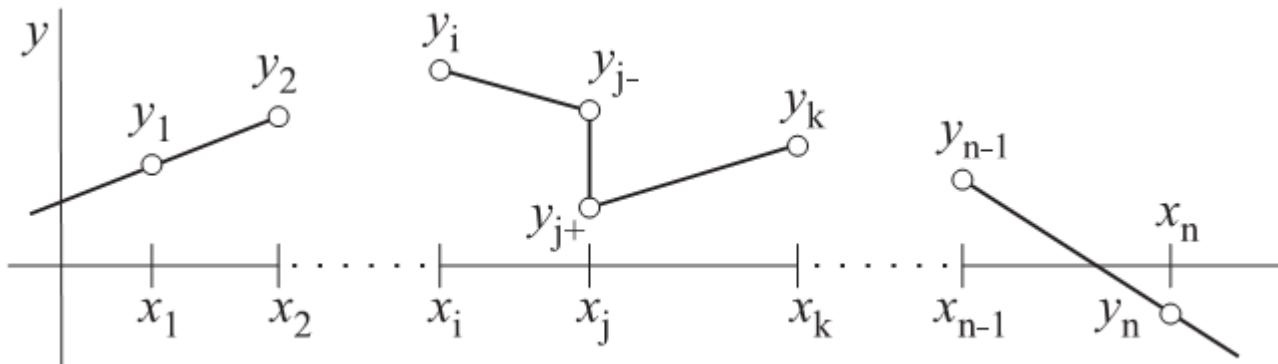
Insert Delete

10<sup>15</sup> 10<sup>12</sup> 10<sup>9</sup> 10<sup>6</sup> 10<sup>3</sup> 10<sup>3</sup> 10<sup>6</sup> 10<sup>9</sup> 10<sup>12</sup> | π Expression...

Statement

DIO /TAB/ -1k,-10, 0,0, 30,1k;

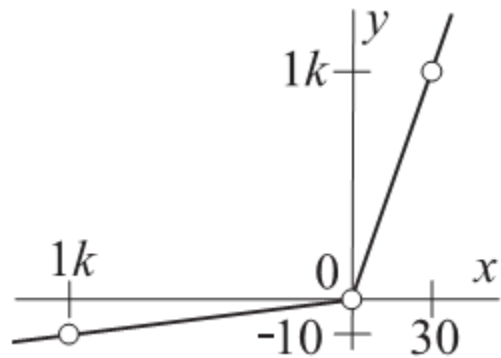
Insert Cancel Help



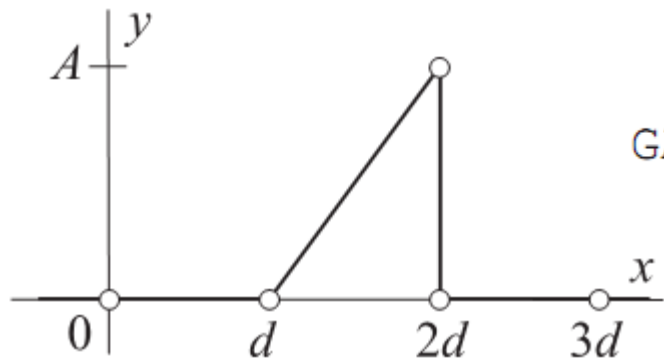
$$y = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) + y_i$$

# Uživatelské funkce - Tabelované

Vně intervalu zadaných argumentů  $\langle x_1, x_n \rangle$  je funkce lineárně extrapolována. Pro každé  $x < x_1$  je tedy funkce aproximována přímkou procházející prvními dvěma body tabulky  $x_1$  a  $x_2$ . Podobně pro každé  $x > x_n$  je funkce aproximována přímkou procházející posledními dvěma body tabulky  $x_{n-1}$  a  $x_n$ .



```
DIO1 /TAB/ -1k,-10, 0,0, 30,1k;
```



```
GAP/TAB/ 0,0, d,0, 2*d,A, 2*d,0, 3*d, 0;
```

```
i = DIO1(v);    Z = GAP(time);
```

# Uživatelské funkce - Tabelované

DYNAST vám rovněž umožňuje tabelované uživatelské funkce importovat ze souboru ASCII.

Tabulka se ukládá do souboru

*soubor.FTN*

Obsahem souboru je posloupnost dvojic argumentů a příslušných funkčních hodnot v podobě numerický konstant oddělených mezerami, nebo čárkami.

Příkaz pro načtení souboru s tabelovanou uživatelskou funkcí je ve tvaru

```
FILE = soubor;
```

Tabelovaná uživatelská funkce DIO1 z předposledního příkladu tak může být uložena např. v souboru F1.FTN obsahujícího data

```
-1k -10    0 0    30 1k
```

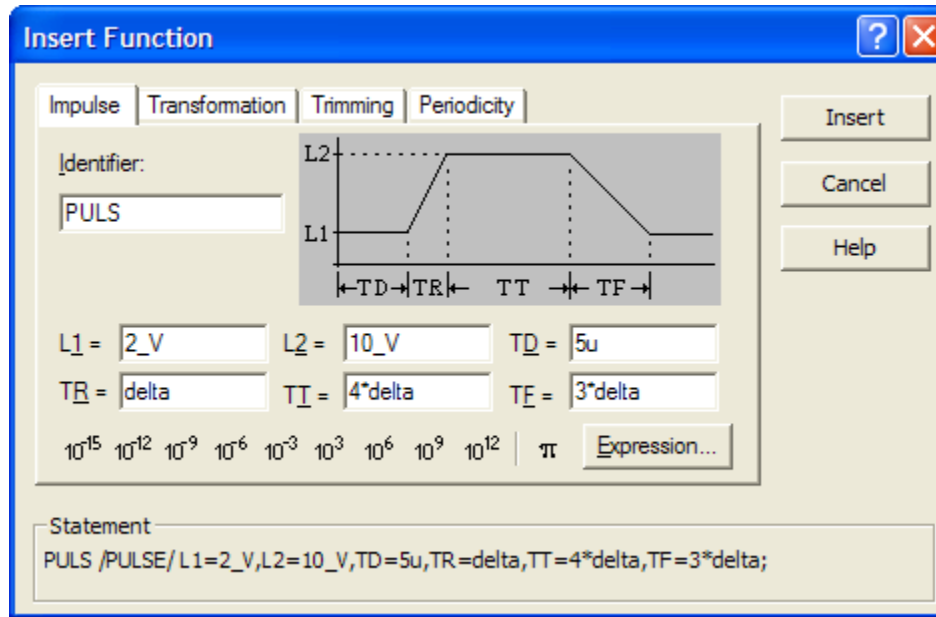
Tabelovaná uživatelské funkce uložená v souboru F1.FTN pak může být načtena příkazem

```
DIO1 /TAB/ FILE=F1;
```

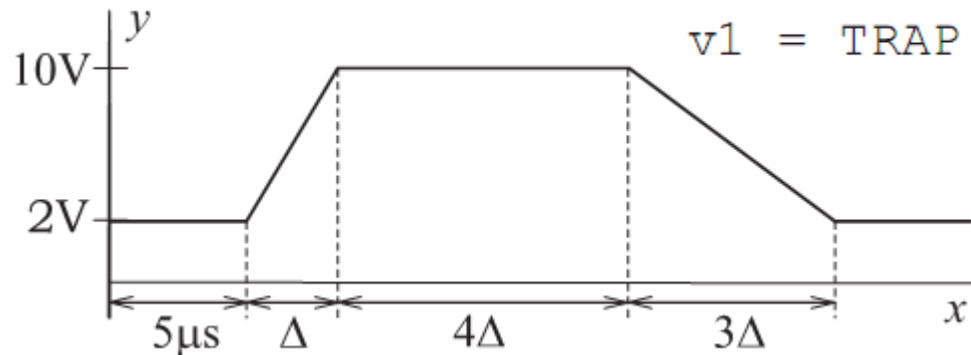


# Uživatelské funkce - Impulzní

Insert Impulse Function (Vložit impulzní funkci)



TRAP /PULSE/ L1 = 2\_V, L2 = 10\_V, TD = 5u, TR = delta,  
TT = 4\*delta, TF = 3\*delta;



# Uživatelské funkce-Polynomiální

Insert Polynomial a Given by Coefficients

Insert Polynomial a Given by Roots

Insert Function

Coefficients | Transformation | Trimming | Periodicity

Identifier: FC  $f(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n$

| Coefficient | Value |
|-------------|-------|
| a0          | 0     |
| a1          | 20    |
| a2          | 0     |
| a3          | 5     |

Insert Delete

$10^{15}$   $10^{12}$   $10^9$   $10^6$   $10^3$   $10^3$   $10^6$   $10^9$   $10^{12}$  |  $\pi$  Expression...

Statement  
FC /POLY/ 0,20,0,5;

Insert Function

Roots | Transformation | Trimming | Periodicity

$f(x) = k(r_1 + js_1)(r_2 + js_2)\dots(r_n + js_n)$

Identifier: FR Multiplicative constant: 5

| Root real part | Root imaginary part |
|----------------|---------------------|
| 0              | 0                   |
| 0              | 2                   |

Insert Delete

$10^{15}$   $10^{12}$   $10^9$   $10^6$   $10^3$   $10^3$   $10^6$   $10^9$   $10^{12}$  |  $\pi$  Expression...

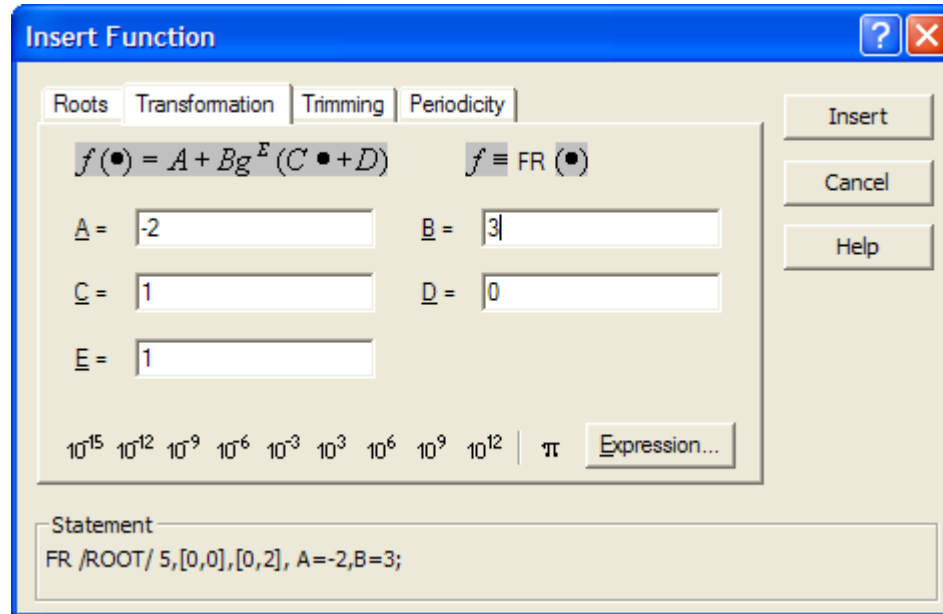
Statement  
FR /ROOT/ 5,[0,0],[0,2];

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots$$

$$f(x) = k(x - x_1)(x - x_2)\dots$$

$$y = 5x^3 + 20x = 5x(x - 2j)(x + 2j)$$

# Uživatelské funkce-Transformované



$$f(\bullet) = A + Bg^E(C\bullet + D) \quad A = D = 0 \text{ a } B = C = E = 1$$

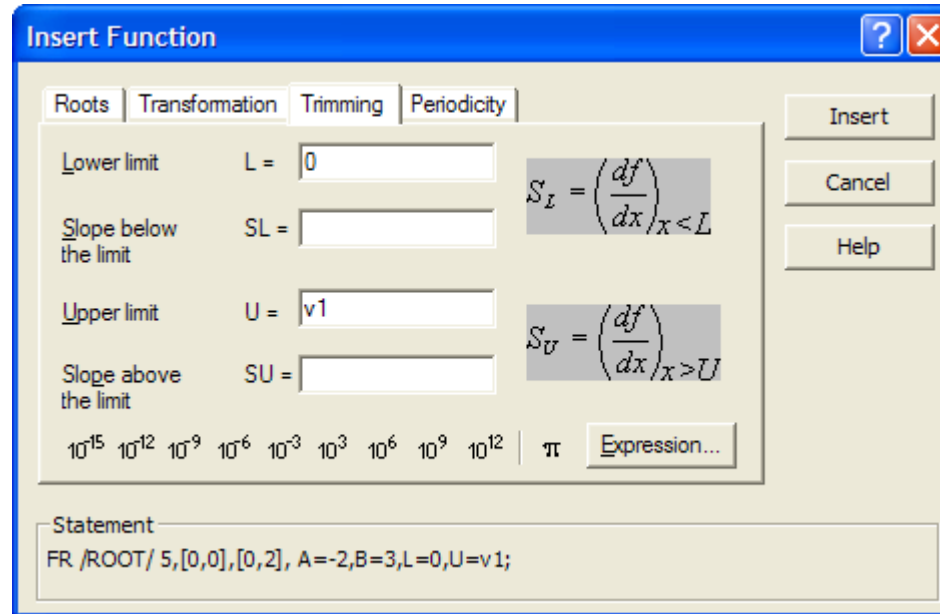
FL /LIN/ A = -2, B = 3;

$v = 3t - 2$        $v = \text{FL}(\text{time});$

$Q = 3p - 2$        $Q = \text{FL}(p);$

$$f(\bullet) = I_0(e^{\theta\bullet} - 1) \quad \text{DIOD /EXP/ A = -I0, B = I0, C = theta;}$$

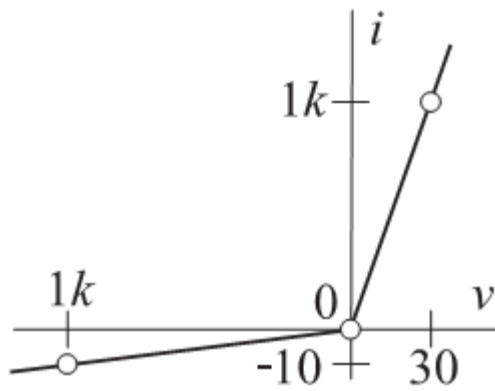
# Uživatelské funkce - Omezené



$$f(x) = \begin{cases} g(L) + S_L(\bullet - L) & \bullet < L \\ g(\bullet) & L \leq \bullet \leq U \\ g(U) + S_U(\bullet - U) & \text{for } \bullet > U \end{cases}$$

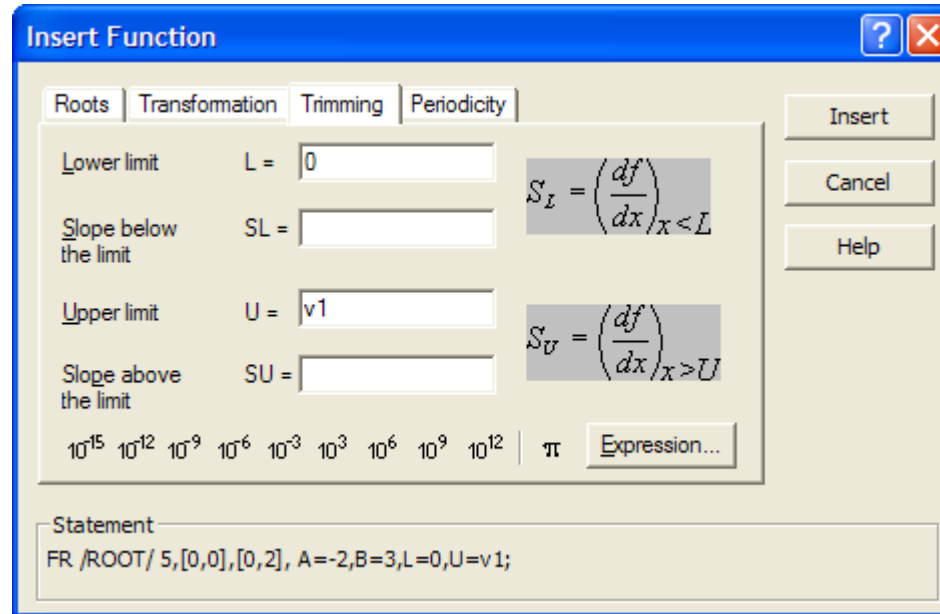
$$L = -\infty, U = \infty$$

$$S_L = \left( \frac{dg}{d\bullet} \right)_{\bullet=L} \quad S_U = \left( \frac{dg}{d\bullet} \right)_{\bullet=U}$$



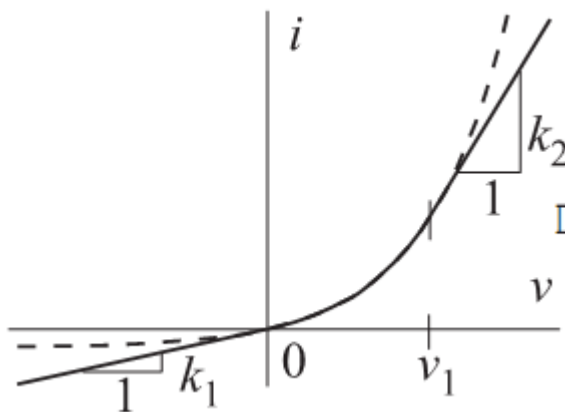
DIO1 /LIN/ L=0, U=0, SL=10/1k, SU=1k/30;

# Uživatelské funkce - Omezené



charakteristika  $i = I_0(e^{\theta v} - 1)$  linearizovaná vně intervalu

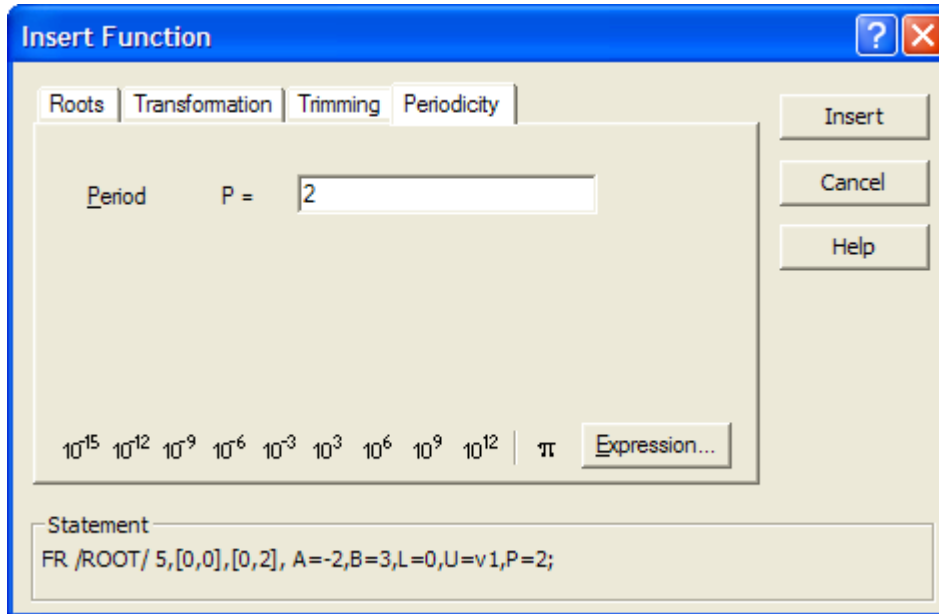
$$i = \begin{cases} I_0 \theta v & \text{pro } v < 0 \\ I_0 (e^{\theta v} - 1) & 0 \leq v \leq v_1 \\ I_0 \theta e^{\theta v_1} (v - v_1) + I_0 (e^{\theta v_1} - 1) & v > v_1 \end{cases}$$



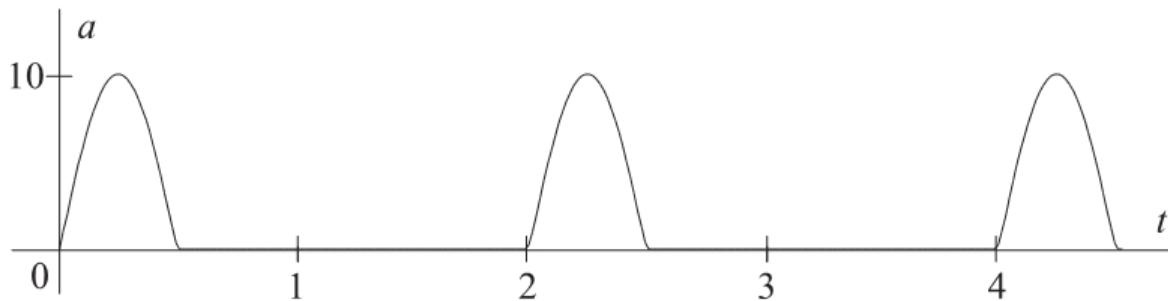
DIO2 /EXP/ A = -1, C = theta, L = 0, U = v1;

$$i = I_0 * DIO2(v);$$

# Uživatelské funkce - Periodické



$$f(\bullet) = g(\bullet) \text{ pro } 0 \leq \bullet < P \text{ a } f(\bullet + k \cdot P) = f(\bullet)$$



```
halfsin /SIN/ B = 10, C = 2pi, L = 0, U = .5,  
SL = 0, SU = 0, P = 2;      a = halfsin(time);
```

# Události

Insert Event

Name: STOP

Order: 1

Expression: time > 10

10<sup>15</sup> 10<sup>12</sup> 10<sup>9</sup> 10<sup>6</sup> 10<sup>3</sup> 10<sup>3</sup> 10<sup>6</sup> 10<sup>9</sup> 10<sup>12</sup> | π

Statement  
EVENT STOP = time > 10;

Události představují náhlé změny stavu modelu dynamické soustavy.

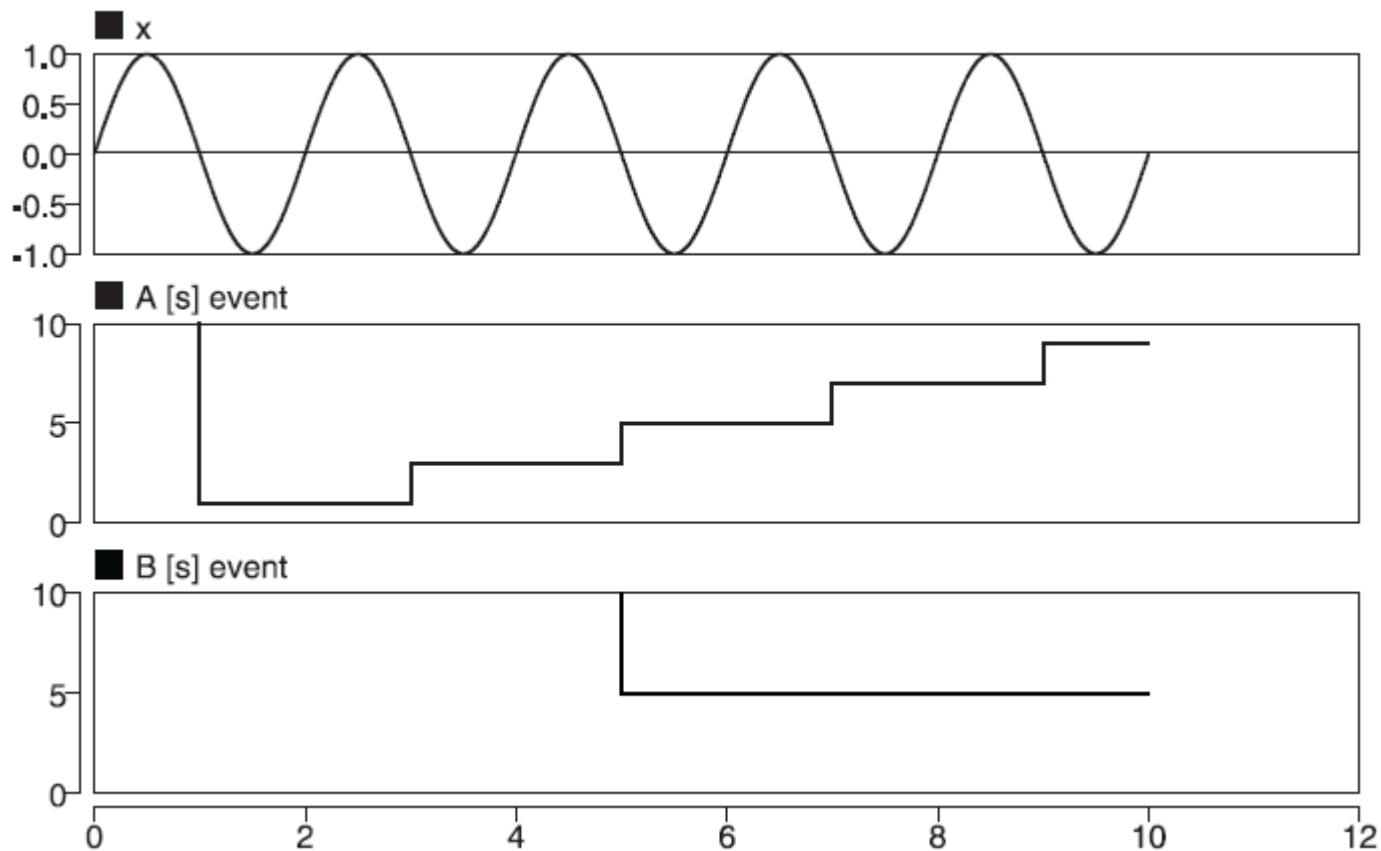
*proměnná* je uživatelský identifikátor příslušné **proměnné události**. Až do okamžiku, kdy událost nastane, hodnota její proměnné je  $10^{300}$ . Jakmile událost nastane, její proměnná nabude hodnotu rovnající se proměnné TIME v okamžiku výskytu události. Je-li identifikátor události zadán řetězcem STOP, v okamžiku jejího výskytu se analýza ukončí.

*řád* je kladné celé číslo  $n$  indikující **řád události**. Jeho implicitní hodnota je  $n = 1$ .

- je-li  $n \geq 1$ , proměnná události změní svou hodnotu z  $10^{300}$  na hodnotu proměnné TIME pouze jednou, a to v okamžiku, kdy se *výraz* stal pravdivým po  $n$ -té
- je-li  $n = 0$ , hodnota příslušné proměnné události se změní na hodnotu proměnné TIME vždy, když se *výraz* stane znovu pravdivým

# Události

```
x = sin(1pi*time);  
EVENT A (0) = x < 0;  
EVENT B (3) = x < 0;  
EVENT STOP = (time > 10);
```





# Rovnice

Rozlišujeme proměnné:

- implicitní (pro vyhodnocení je nutno řešit rovnici)
- explicitní (pro vyhodnocení se pouze dosadí známé hodnoty do výrazu)

**Explicitní rovnici** pro vyhodnocovanou proměnnou  $y(t)$  předpokládejme v obecném tvaru

$$y(t) = g(z_1, z_2, \dots, z_n, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dots, t)$$

Soustava  $n$  algebraických, diferenciálních nebo algebro-diferenciálních **implicitních rovnic**, které mají být řešeny, se předpokládá v obecném tvaru

$$f_1(x_1, x_2, \dots, x_n, \dot{x}_1, \dot{x}_2, \dots, \dot{x}_n, z_1, z_2, \dots, t) = 0$$

$$f_2(x_1, x_2, \dots, x_n, \dot{x}_1, \dot{x}_2, \dots, \dot{x}_n, z_1, z_2, \dots, t) = 0$$

$$\dots = 0$$

$$f_n(x_1, x_2, \dots, x_n, \dot{x}_1, \dot{x}_2, \dots, \dot{x}_n, z_1, z_2, \dots, t) = 0$$

# Rovnice

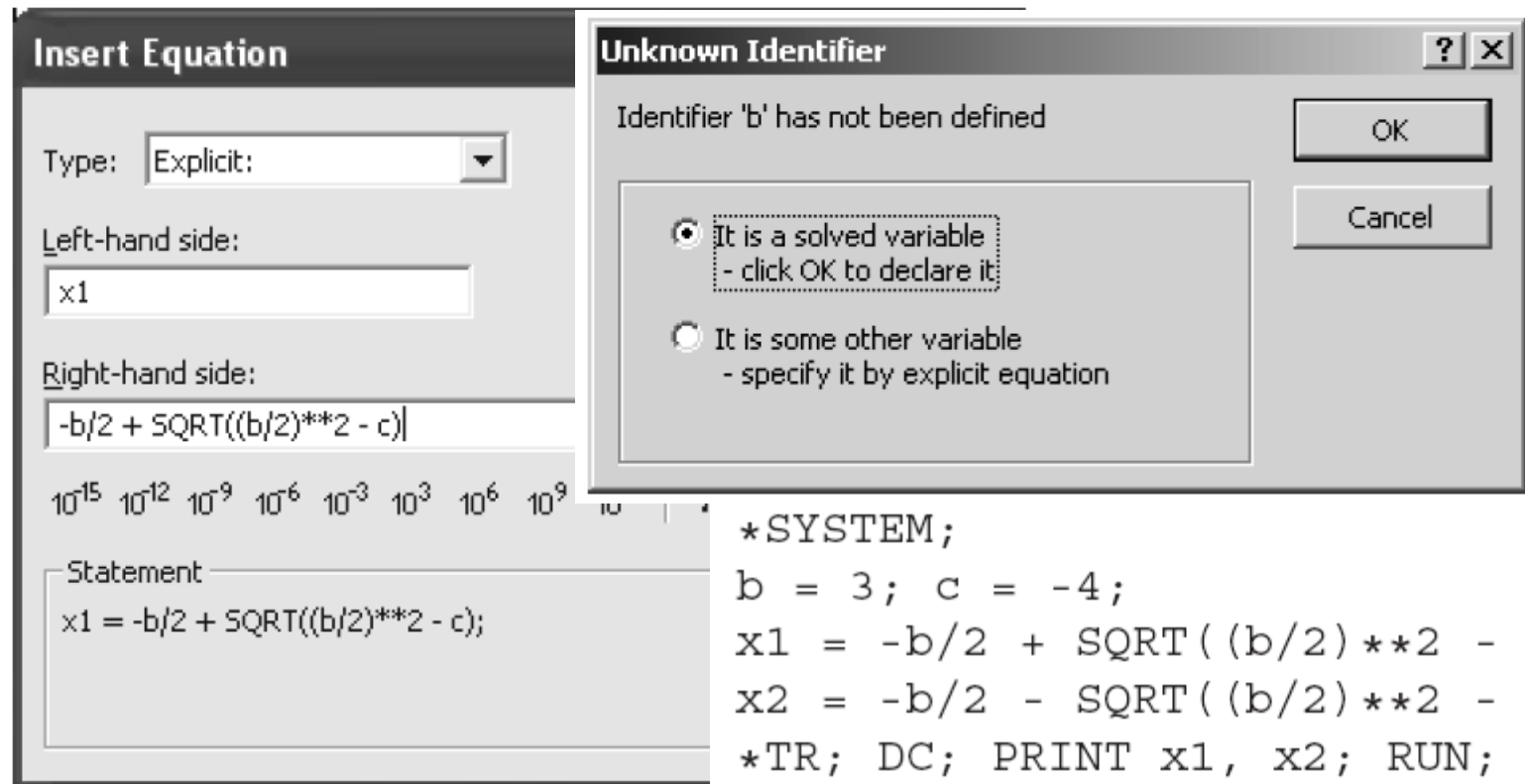
Řešení kvadratické explicitní rovnice:

$$x^2 + bx + c = 0$$

(Nutno provádět v režimu „Problem or Submodel Text“)

$$x = -b/2 \pm \sqrt{(b/2)^2 - c}$$

v menu System zvolíte Inset Equation



The image shows two overlapping dialog boxes from a software interface. The 'Insert Equation' dialog box is in the foreground, and the 'Unknown Identifier' dialog box is in the background.

**Insert Equation Dialog:**

- Type: Explicit: (dropdown menu)
- Left-hand side: x1
- Right-hand side:  $-b/2 + \text{SQRT}((b/2)**2 - c)$
- Statement:  $x1 = -b/2 + \text{SQRT}((b/2)**2 - c);$

**Unknown Identifier Dialog:**

- Identifier 'b' has not been defined
- Options:
  - It is a solved variable - click OK to declare it
  - It is some other variable - specify it by explicit equation
- Buttons: OK, Cancel

```
*SYSTEM;  
b = 3; c = -4;  
x1 = -b/2 + SQRT((b/2)**2 - c);  
x2 = -b/2 - SQRT((b/2)**2 - c);  
*TR; DC; PRINT x1, x2; RUN; *END;
```

# Rovnice

```
*SYSTEM;  
b = 3;  
c = -4;  
x1 = -b/2 + SQRT((b/2)**2 - c);  
x2 = -b/2 - SQRT((b/2)**2 - c);  
*TR;  
DC;  
PRINT x1, x2;  
RUN;  
*END;
```



```
Number of nodes:      0  
Number of implicit equations:  0  
$  
  1 ...    x1  
  2 ...    x2  
          1          2  
1.000000e+000 -4.000000e+000
```

# Rovnice

```
DYNAST Shell - ReseniKvadratickeRovniceExplicitne
File Edit View System Analysis Errors Run Publishing Preferences Window Help
ReseniKvadratickeRovniceExplici... ReseniKvadratickeRovniceExplicitne
*SYSTEM;
b = 3;
c = -4;

x1 = -b/2 + SQRT((b/2)**2 - c);
x2 = -b/2 - SQRT((b/2)**2 - c);

*TR;
DC;
PRINT x1, x2;
RUN;

*END;

x1 = -b/2 + SQRT((b/2)**2 - c);
x2 = -b/2 - SQRT((b/2)**2 - c);

*TR;
DC;
PRINT x1, x2;
RUN;

*END;

Number of nodes:      0
Number of implicit equations:  0

1 ...    x1
2 ...    x2

          1          2
1.0000000e+000 -4.0000000e+000

Number of errors: 0, Number of warnings: 0
Total seconds used up by DYNAST: 0
Program DYNAST exited on November 14, 2014 at 08:49:51
Ready Ln 14, Col 1
```

# Rovnice

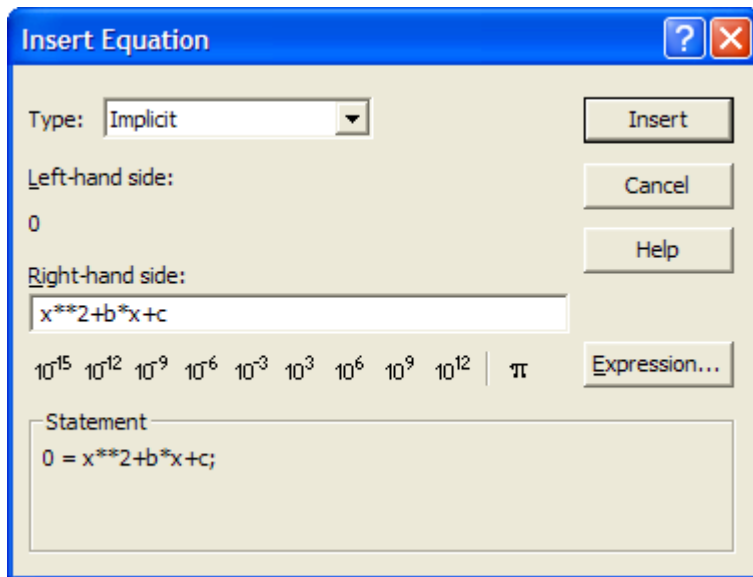
Řešení kvadratické implicitní rovnice:

$$x^2 + bx + c = 0$$

(Nutno provádět v režimu „Problem or Submodel Text“)

Řešení nalezeno numericky.

v menu System zvolíte Insert Equation



*SYSVAR řešená [ , řešená... ];*

Řešení kvadratické rovnice implicitní metodou:

```
*SYSTEM;
```

```
b = 3;
```

```
c = -4;
```

```
SYSVAR x;
```

```
0 = x**2 + b*x + c;
```

```
*TR; DC; PRINT x; RUN; *END;
```

# Rovnice

```
*SYSTEM;  
SYSVAR X;  
0 = (X**X)**X-10;  
*TR;  
DC;  
PRINT X;  
INIT X=2;  
RUN;  
*END;
```

$$(x^x)^x = 10$$



```
Number of nodes:      1  
Number of implicit equations:  1  
$  
  1 ...      X  
      1  
  1.896651e+000
```

```
Statistics: 0 steps, 0 rejected steps, 4 iterations
```

# Soustava rovnic

Soustavu dvou nelineárních algebraických rovnic

$$0.5 \sin(u \cdot v) - \frac{v}{4\pi} - 0.5u = 0$$
$$\left(1 - \frac{1}{4\pi}\right) (e^{2u} - e) + e \left(\frac{3v}{\pi} - 2u\right) = 0$$

```
*SYSTEM;  
SYSVAR u, v;  
0 = .5*sin(u*v) - v/4pi - .5*u;  
0 = (1 - 1/4pi)*(exp(2*u) - exp(1)) + exp(1)*(3*v/1pi - 2*u);  
*TR; DC; PRINT u, v; RUN; *END;
```

```
Number of nodes:      2  
Number of implicit equations:  2
```

```
1 ... u  
2 ... v  
1      2  
-1.210235e-001  4.320365e-001
```

# Soustava rovnic

```
*SYSTEM;  
SYSVAR x1, x2, x3;           :solved variables  
:Solved equations:  
0 = 2*x1 - 7*x2 + 4*x3 - 9;  
0 = x1 + 9*x2 - 6*x3 - 1;  
0 = - 3*x1 + 8*x2 + 5*x3 - 6;  
*TR; DC;                     :static analysis  
PRINT x1, x2, x3;           :printed-out variables  
RUN;  
*END;
```

```
Number of nodes:      3  
Number of implicit equations:  3
```

```
1 ... x1  
2 ... x2  
3 ... x3
```

```
1           2           3  
4.000000e+000  1.000000e+000  2.000000e+000
```



# Soustava rovnic

Řešení Besselovy implicitní rovnice druhého řádu:

$$t^2\ddot{y} + t\dot{y} + (t^2 - k^2)y = 0$$



$$k = 2$$

$$y_D - \dot{y} = 0$$

$$t^2\dot{y}_D + ty_D + (t^2 - k^2)y = 0$$

v menu System zvolíte Inser Equation

```
*SYSTEM;  
k = 1;  
SYSVAR y, yD;  
0 = yD - VD.y;  
0 = time**2*VD.yD + time*yD + (time**2 - k**2)*y;  
*TR; TR 0 10; INIT yD=.5; PRINT y; RUN HOLD;  
MODIFY k=2; RUN; *END;
```

# Soustava rovnic

Řešení Besselovy implicitní rovnice druhého řádu:

$$t^2\ddot{y} + t\dot{y} + (t^2 - k^2)y = 0$$



$$k = 2$$

$$y_D - \dot{y} = 0$$

$$t^2\dot{y}_D + ty_D + (t^2 - k^2)y = 0$$

v menu System zvolíte Insert Equation

Number of nodes: 2

Number of implicit equations: 2

# Bessel's differential equation

X ... time [s]

1 ... 1.y

2 ... 2.y

| X             | 1             | 2              |
|---------------|---------------|----------------|
| 0.000000e+000 | 0.000000e+000 | 4.371928e-002  |
| 2.000000e-002 | 9.998457e-003 | -3.478690e+003 |
| 4.000000e-002 | 1.999279e-002 | -1.429187e+004 |

. . .

# Soustava rovnic

The screenshot shows the DYNAST Shell interface for solving a system of equations. The main window displays the input code for a Bessel differential equation. A smaller window shows the output, including the number of nodes and equations, and a table of numerical results.

```
File Edit View Errors Run Preferences Window Help
BesselovaRovnice
*: Bessel's differential equation
*SYSTEM;
n = 1; SYSVAR y, yD;
0 = yD - VD.y;
0 = time**2*VD.yD + time*yD + (time**2 - n**2)*y;
*TR; TR 0 10; INIT yD=.5; PRINT y; RUN HOLD;
MODIFY n=2; RUN; *END;
```

```
BesselovaRovnice
Number of nodes:      2
Number of implicit equations:  2

  Bessel's differential equation

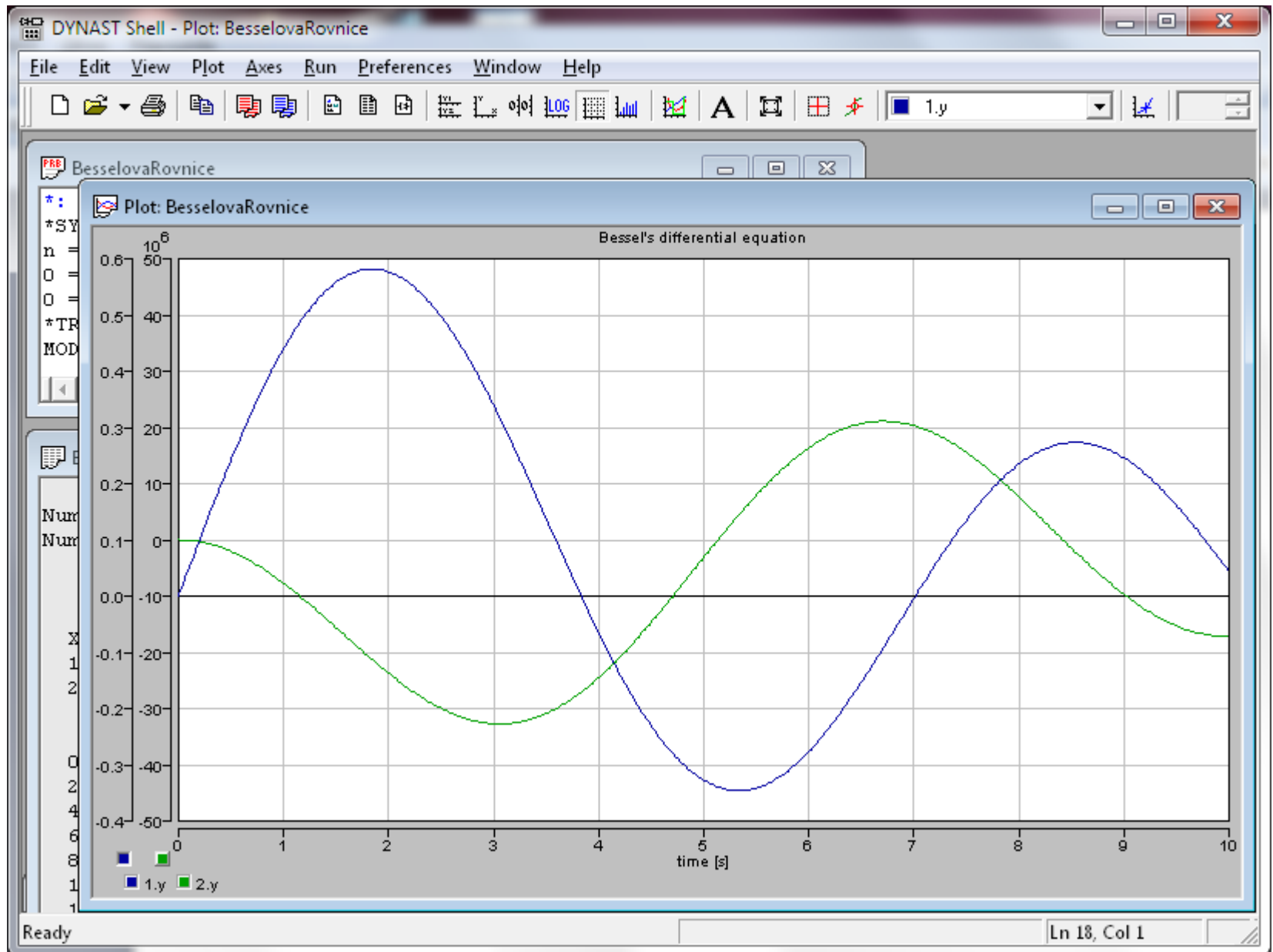
X ...   time [s]
1 ...   1.y
2 ...   2.y

      X           1           2
0.000000e+000  0.000000e+000  4.371928e-002
2.000000e-002  9.998457e-003 -3.478690e+003
4.000000e-002  1.999279e-002 -1.429187e+004
6.000000e-002  2.998083e-002 -3.111961e+004
8.000000e-002  3.995965e-002 -5.466898e+004
1.000000e-001  4.992635e-002 -8.493061e+004
1.200000e-001  5.987798e-002 -1.218924e+005
```

All open files have been automatically saved

Ln 18, Col 1

# Soustava rovnic



# Řešení RLC kombinace pomocí rovnic

\*: Zkousky RLC obvodu

\*SYSTEM;

sysvar PROUD,PROUDD,NAP\_KAP;

R1 = 10;

L1 = 0.05;

C1 = 1u;

E1 = 10\*SIN(100pi\*TIME);

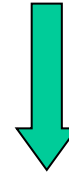
E1D = 10\*SIN(100pi\*TIME)%TIME;

0=PROUDD-VD.PROUD;

0=PROUD+L1\*C1\*VD.PROUDD-R1\*C1\*PROUDD-E1D\*C1;

0=VD.NAP\_KAP-1/C1\*PROUD;

$$L \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) = u(t)$$

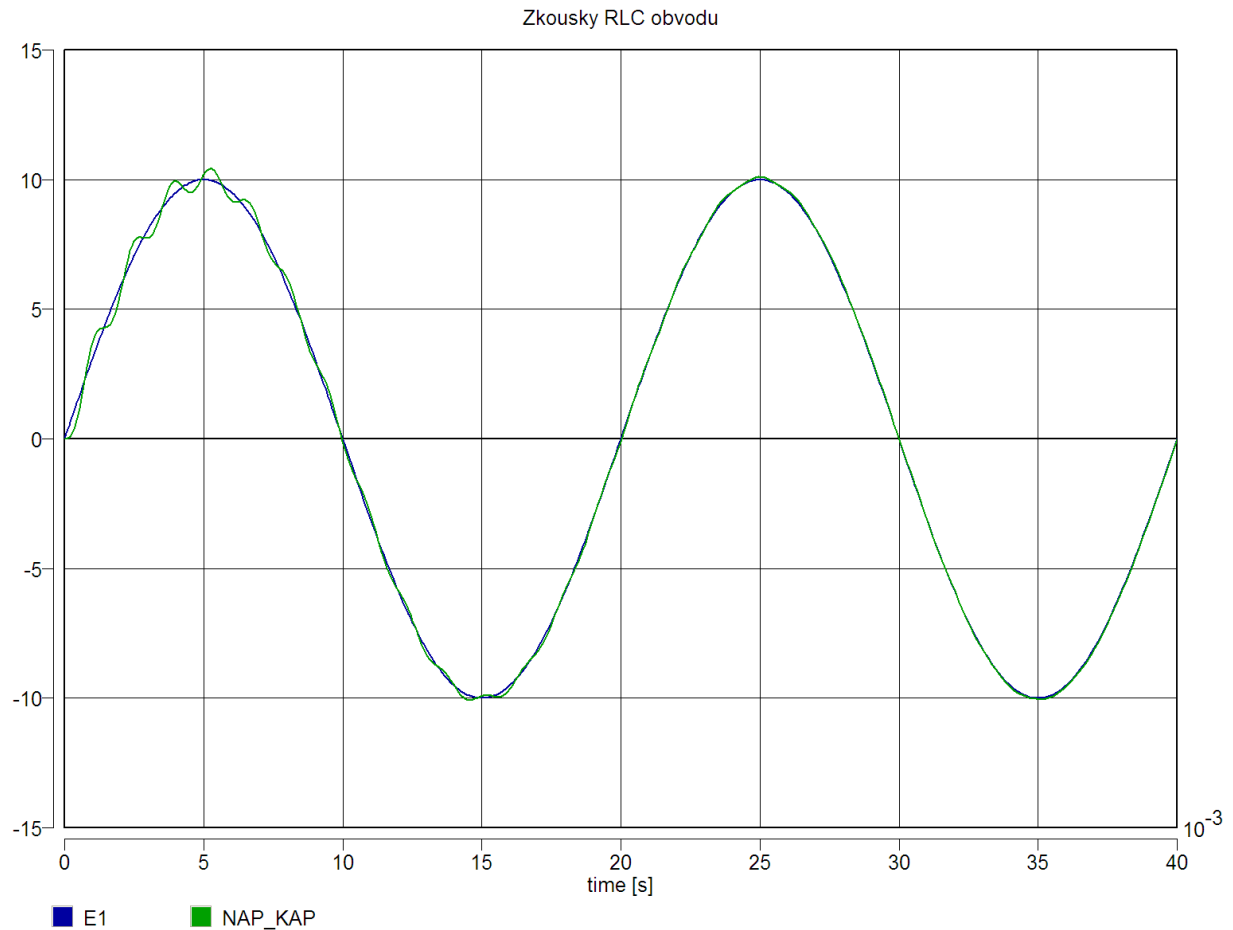


$$L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + R \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} i(t) = \frac{du(t)}{dt}$$

$$i_C(t) = C \frac{du_C}{dt}$$

# Řešení RLC kombinace pomocí rovnic

```
*TR;  
TR 0 0.1;  
PRINT E1, NAP_KAP, PROUD, PROUDD;  
RUN;  
*END;
```






# Struktura branových schémat

*prvek* [ $>$  *typ*] *1.uzel*{-|,} [*2.uzel*] [= *hodnota*]

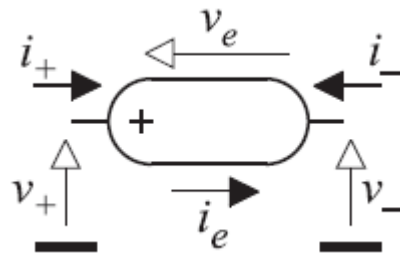
| Typ     | Prvek                     | Parametr                               |
|---------|---------------------------|--|
| Prvky Y |                           |  |
| J       | zdroj průtoku             | $i = f(z_1, z_2, \dots)$               |
| R       | odpor proti průtoku       | $\frac{v}{i} = f(z_1, z_2, \dots)$     |
| G       | odpor proti spádu         | $\frac{i}{v} = f(z_1, z_2, \dots)$     |
| C       | odpor proti změně spádu   | $\frac{i}{dv/dt} = f(z_1, z_2, \dots)$ |
| Prvky Z |                           |  |
| E       | zdroj spádu               | $v = f(z_1, z_2, \dots)$               |
| RI      | odpor proti průtoku       | $\frac{v}{i} = f(z_1, z_2, \dots)$     |
| L       | odpor proti změně průtoku | $\frac{v}{di/dt} = f(z_1, z_2, \dots)$ |
| OA      | operační prvek            | $0 = f(z_1, z_2, \dots)$               |

# Fyzikální alias „branová“ schémata

Důležitý je vztažný uzel:

| ENERGETICKÁ DOMÉNA      | VZTAŽNÝ UZEL        | ZNAČKA  |
|-------------------------|---------------------|---|
| elektrická              | elektrické uzemnění |  |
| tekutinová či akustická | volná atmosféra     |  |
| mechanická              | vztažný rám         |  |

Popis fyzikálních prvků:



$$v_e = v_+ - v_- \quad i_e = i_+ = -i_-$$



# Řešení RLC kombinace branovým schématem

E1 1 = 10\*SIN(100pi\*TIME);

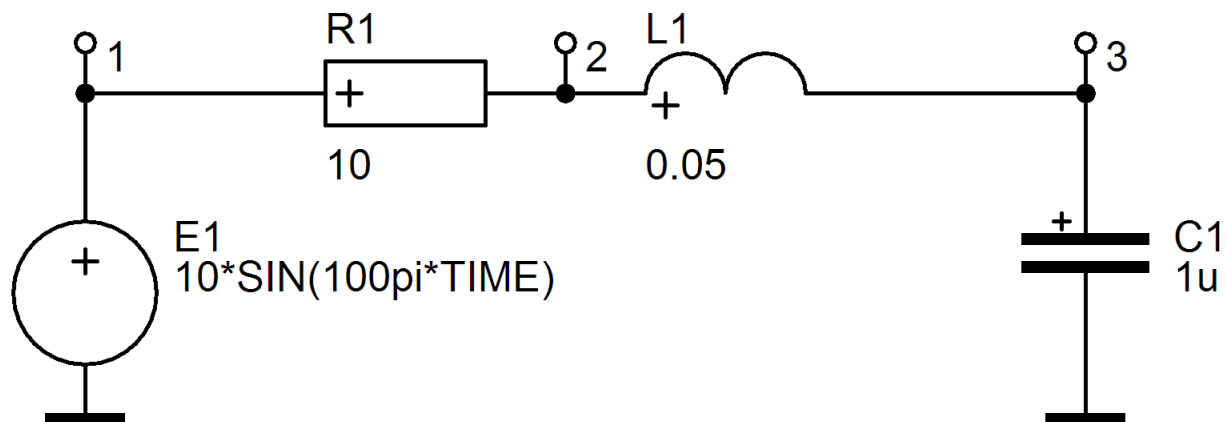
R1 1-2 = 10;

L1 2-3 = 0.05;

C1 3 = 1u;

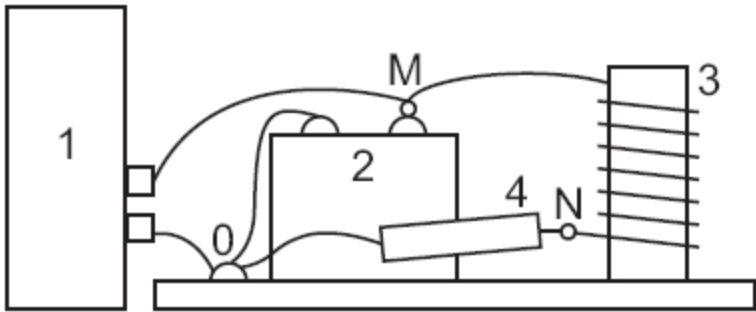
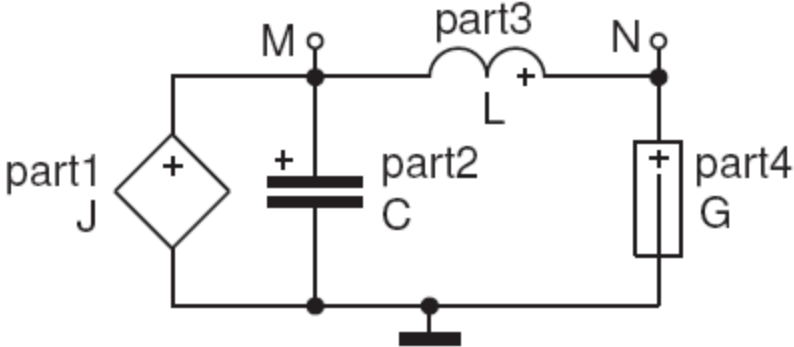
...

PRINT V.1, V.2, V.3, I.E1, ID.E1;



# Fyzikální alias „branová“ schémata

Veličiny fyzikálních prvků:

| REÁLNÉ SOUSTAVY   |                             | MODELÝ SOUSTAV  |
|---|-----------------------------|---|
|  |                             |  |
| <i>Část</i>   | <i>Reálné části</i>         | <i>Fyzikální prvky</i>  |
| 1   | elektronický napájecí zdroj | zdroj elektrického proudu   |
| 2   | elektrický kondenzátor      | elektrický kapacitor  |
| 3   | cívka drátu                 | elektrický induktor   |
| 4   | elektrický rezistor         | elektrický konduktor  |

# Fyzikální alias „branová“ schémata

Veličiny fyzikálních prvků:

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
|                                     |  |  |
| <p><i>Část</i></p>                  | <p><i>Reálné části</i></p>   | <p><i>Fyzikální prvky</i></p>  |
| <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> | <p>pumpa poháněná motorem</p> <p>otevřená nádrž</p> <p>dlouhé potrubí</p> <p>tryska omezující průtok</p> | <p>zdroj objemového průtoku</p> <p>tekutinový capacitor</p> <p>tekutinový induktor</p> <p>tekutinový konduktor</p> |

# Fyzikální alias „branová“ schémata

Veličiny fyzikálních prvků:

|             |                            |                               |
|-------------|----------------------------|-------------------------------|
|             |                            |                               |
| <p>Část</p> | <p><i>Reálné části</i></p> | <p><i>Fyzikální prvky</i></p> |
| <p>1</p>    | <p>zemská gravitace</p>    | <p>zdroj síly</p>             |
| <p>2</p>    | <p>zavěšené závaží</p>     | <p>inertor</p>                |
| <p>3</p>    | <p>dlouhé lano</p>         | <p>pružina</p>                |
| <p>4</p>    | <p>olejový tlumič</p>      | <p>tlumič</p>                 |

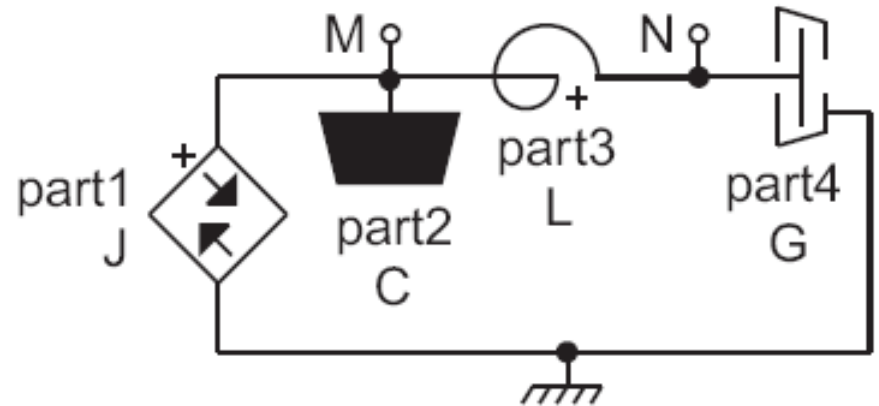
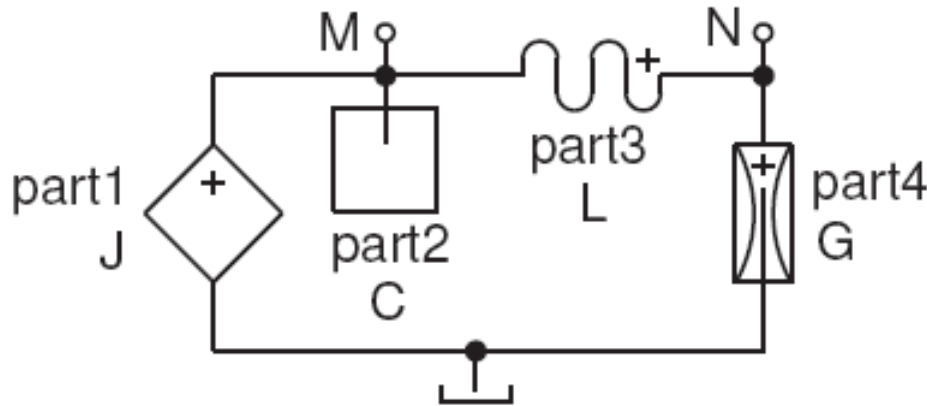
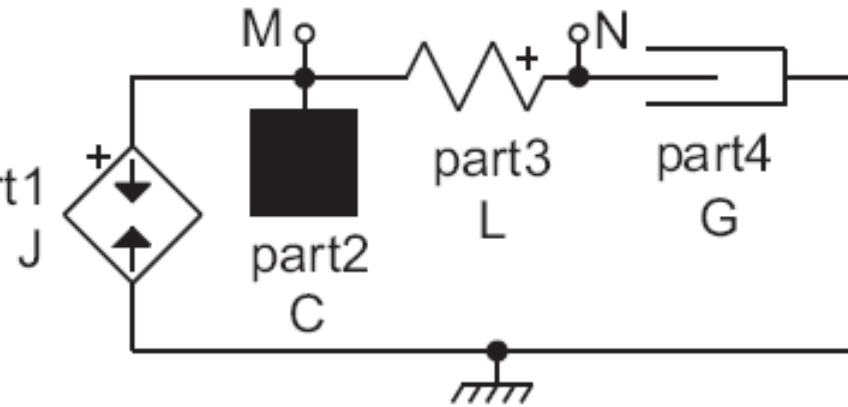
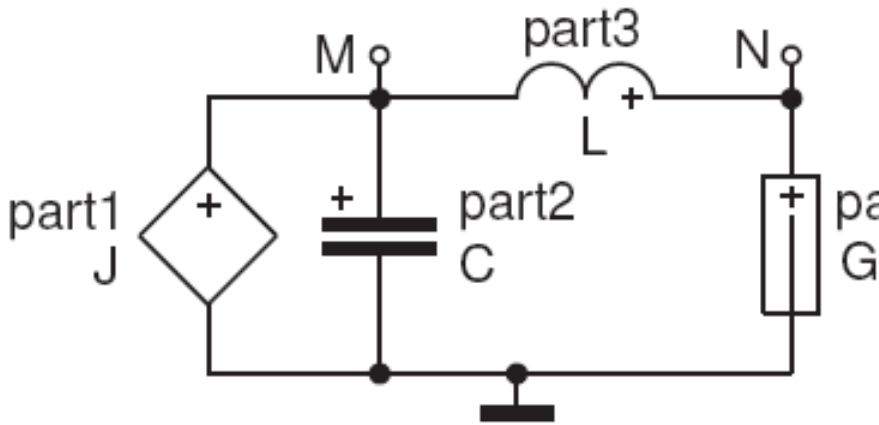
# Fyzikální alias „branová“ schémata

Veličiny fyzikálních prvků:

|             |                            |                               |
|-------------|----------------------------|-------------------------------|
|             |                            |                               |
| <p>Část</p> | <p><i>Reálné části</i></p> | <p><i>Fyzikální prvky</i></p> |
| <p>1</p>    | <p>spalovací motor</p>     | <p>zdroj momentu síly</p>     |
| <p>2</p>    | <p>setrvačnik</p>          | <p>rotační inertor</p>        |
| <p>3</p>    | <p>dlouhý hřídel</p>       | <p>torzní pružina</p>         |
| <p>4</p>    | <p>ventilátor</p>          | <p>rotační tlumič</p>         |

# Fyzikální alias „branová“ schémata

Veličiny fyzikálních prvků:



# Fyzikální význam branových veličin

|   | Veličiny              |                            |                       |                      |
|---|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| Soustava                                | průtok $i$            | spád $v$                   | $\int i dt$           | $\int v dt$          |
| Elektrická                              | elektrický proud<br>A | elektrické napětí<br>V     | elektrický náboj<br>C | magnetický tok<br>Wb |
| Mechanická<br>translační                | síla<br>N             | rychlost<br>m/s            | hybnost<br>Ns         | dráha<br>m           |
| Mechanická<br>rotační                   | moment síly<br>Nm     | úhlová rychlost<br>rad/s   | rotační impuls<br>Nms | úhel<br>rad          |
| Hydraulická<br>Pneumatická<br>Akustická | objemový tok<br>m/s   | prostorový tlak<br>Pa      | objem<br>m            |                      |
| Tepelná                                 | tepelný tok<br>W      | teplotní rozdíl<br>K       | tepelné množství<br>J |                      |
| Magnetická                              | magnetický tok<br>Wb  | magnetické<br>napětí<br>Az |                       |                      |

# Fyzikální význam parametrů branových prvků

| ENERGETICKÁ<br>DOMÉNA           | REZISTOR                              | KONDUKTOR<br>ČI TLUMIČ                     | KAPACITOR<br>ČI INERTOR                   | INDUKTOR<br>ČI PRUŽINA                  |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|
|                                 | $p = \frac{v}{i}$                     | $p = \frac{i}{v}$                          | $p = \frac{i}{dv/dt}$                     | $p = \frac{v}{di/dt}$                   |
| elektrická                      | elektrický<br>odpor<br>[ $\Omega$ ]   | elektrická<br>vodivost<br>[ $S$ ]          | elektrická<br>kapacita<br>[ $F$ ]         | elektrická<br>indukčnost<br>[ $H$ ]     |
| magnetická                      | reluktance<br>[ $S$ ]                 | magnetická<br>vodivost<br>[ $\Omega$ ]     | permeance<br>[ $H$ ]                      |   |
| tekutinová<br>nebo<br>akustická | tekutinový<br>odpor<br>[ $Pa.s/m^3$ ] | tekutinová<br>vodivost<br>[ $m^3/(Pa.s)$ ] | tekutinová<br>kapacita<br>[ $m^3/Pa$ ]    | inertance<br>[ $Pa.s^2/m^3$ ]           |
| mechanická<br>translační        |                                       | tlumení<br>[ $N.s/m$ ]                     | hmotnost<br>[ $kg$ ]                      | poddajnost<br>[ $m/N$ ]                 |
| mechanická<br>rotační           |                                       | torzní tlumení<br>[ $N.m.s/rad$ ]          | moment<br>setrvačnosti<br>[ $m^2kg/rad$ ] | torzní<br>poddajnost<br>[ $rad/(N.m)$ ] |


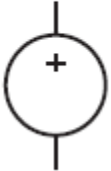






# Fyzikální význam parametrů branových prvků

|   | Parametry prvků           |                   |                                    |                                  |
|---|---------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Soustava                                | odpor proti průtoku       | odpor proti spádu | odpor proti změně spádu            | odpor proti změně průtoku        |
|   | $\frac{v}{i}$             | $\frac{i}{v}$     | $\frac{i}{dv/dt}$                  | $\frac{v}{di/dt}$                |
| Elektrická                              | odpor<br>$\Omega$         | vodivost<br>S     | kapacita<br>F                      | indukčnost<br>H                  |
| Mechanická<br>translační                |                           | odpor<br>kg/s     | hmotnost<br>kg                     | poddajnost<br>$s^2/kg$           |
| Mechanická<br>rotační                   |                           | odpor<br>Nms/rad  | moment setrvačnosti<br>$m^2kg/rad$ | poddajnost<br>rad/Nm             |
| Hydraulická<br>Pneumatická<br>Akustická | odpor<br>$Pa \cdot s/m^3$ |                   | kapacita<br>$m^3/Pa$               | poddajnost<br>$Pa \cdot s^2/m^3$ |
| Tepelná                                 | odpor<br>Ks/J             |                   | kapacita<br>J/K                    |                                  |
| Magnetická                              | odpor<br>A/V.s            |                   |                                    |                                  |

# Fyzikální alias „branová“ schémata

Veličiny fyzikálních prvků:

| TYP                  | J   | E   |
|----------------------|---|---|
| Univerzální          | zdroj<br>průtokové<br>veličiny<br>   | zdroj<br>spádové<br>veličiny<br>       |
| Konstituční<br>vztah | $i = p$   | $v = p$   |
| Univerzální          | indikátor<br>spádové<br>veličiny<br> | indikátor<br>průtokové<br>veličiny<br> |
| Konstituční<br>vztah | $i = 0$   | $v = 0$   |
| Univerzální          | ideální<br>spínač<br>              | ideální<br>operační<br>zesilovač<br> |
| Konstituční<br>vztah | je-li $p$ pravdivé, potom<br>$v = 0$ , není-li, pak $i = 0$   | $p$ je výraz, který OA<br>vynuluje  |

# Souvislost elektrických a mechanických veličin

Diferenciální rovnice RLC sériové smyčky:

$$L \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t)$$

Diferenciální rovnice mechanické translační soustavy:

$$m \frac{d^2 s(t)}{dt^2} + K_{tlum} \frac{ds(t)}{dt} + K \cdot s(t) = F(t)$$

$$m \frac{dv(t)}{dt} + K_{tlum} \cdot v(t) + K \int_0^t v(t) dt = F(t)$$

|  |                     |
|--|---------------------|
| $L$ [H] ~ $m$ [kg] (hmotnost)                                      | $i$ [A] ~ $v$ [m/s] |
| $R$ [ $\Omega$ ] ~ $K_{tlum}$ [N·s/m][kg/s]<br>(tlumení rychlosti) | $u$ [V] ~ $F$ [N]   |
| $C$ [F] ~ $1/K$ [m/N] (poddajnost)<br>( $K$ [N/m] (tuhost) )       |                     |

# Souvislost elektrických a mechanických veličin 2

Diferenciální rovnice RLC sériové smyčky:  $F(t) = K \cdot s(t) = K \cdot \int_0^t v(t) dt \rightarrow \frac{1}{K} \frac{dF(t)}{dt} = v(t)$

$$L \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt = u(t)$$

$$F(t) = K_{tlum} \cdot v(t) \rightarrow \frac{1}{K_{tlum}} = v(t)$$

$$F(t) = m \cdot a(t) = m \frac{dv(t)}{dt} \rightarrow \frac{1}{m} \int_0^t F(t) dt = v(t)$$

Diferenciální rovnice mechanické translační soustavy:

$$\frac{1}{K} \frac{dF(t)}{dt} + \frac{1}{K_{tlum}} \cdot F(t) + \frac{1}{m} \int_0^t F(t) dt = v(t)$$

$$\frac{1}{K} \frac{d^2 F(t)}{dt^2} + \frac{1}{K_{tlum}} \frac{dF(t)}{dt} + \frac{1}{m} \cdot F(t) = \frac{dv(t)}{dt} = a(t)$$

|  |                     |
|--|---------------------|
| $L$ [H] ~ $1/K$ [m/N] (poddajnost)   | $i$ [A] ~ $F$ [N]   |
| $R$ [ $\Omega$ ] ~ $1/K_{tlum}$ [(m/s) / N][s/kg]<br>(1 / tlumení rychlosti) | $u$ [V] ~ $v$ [m/s] |
| $C$ [F] ~ $m$ [kg] (hmotnost)  |                     |

# Proměnné branových schémat

| Formát            | Význam                   | Proměnná              |
|-------------------|--------------------------|-----------------------|
| V.uzel            | spád uzlu                | primární              |
| I.prvek Z         | průtok prvku Z           |                       |
| VD.vzel           | derivace spádu uzlu      | primární derivovaná   |
| ID.prvek Z        | derivace průtoku prvku Z |                       |
| <i>prvek</i>      | parametr prvku           |                       |
| <i>V.prvek</i>    | spád prvku               | sekundární            |
| <i>I. prvek Y</i> | průtok prvku Y           |                       |
| <i>VD.prvek Y</i> | derivace spádu           | sekundární derivovaná |

# Sériové kombinace prvků

Zadávání sériových kombinací několika branových prvků třídy Z tak, že představují jedinou bránu. :

*prvek -PRVEK [= hodnota]*

Místo:

RI1 1-2=10;

L1 2-3=0.05;

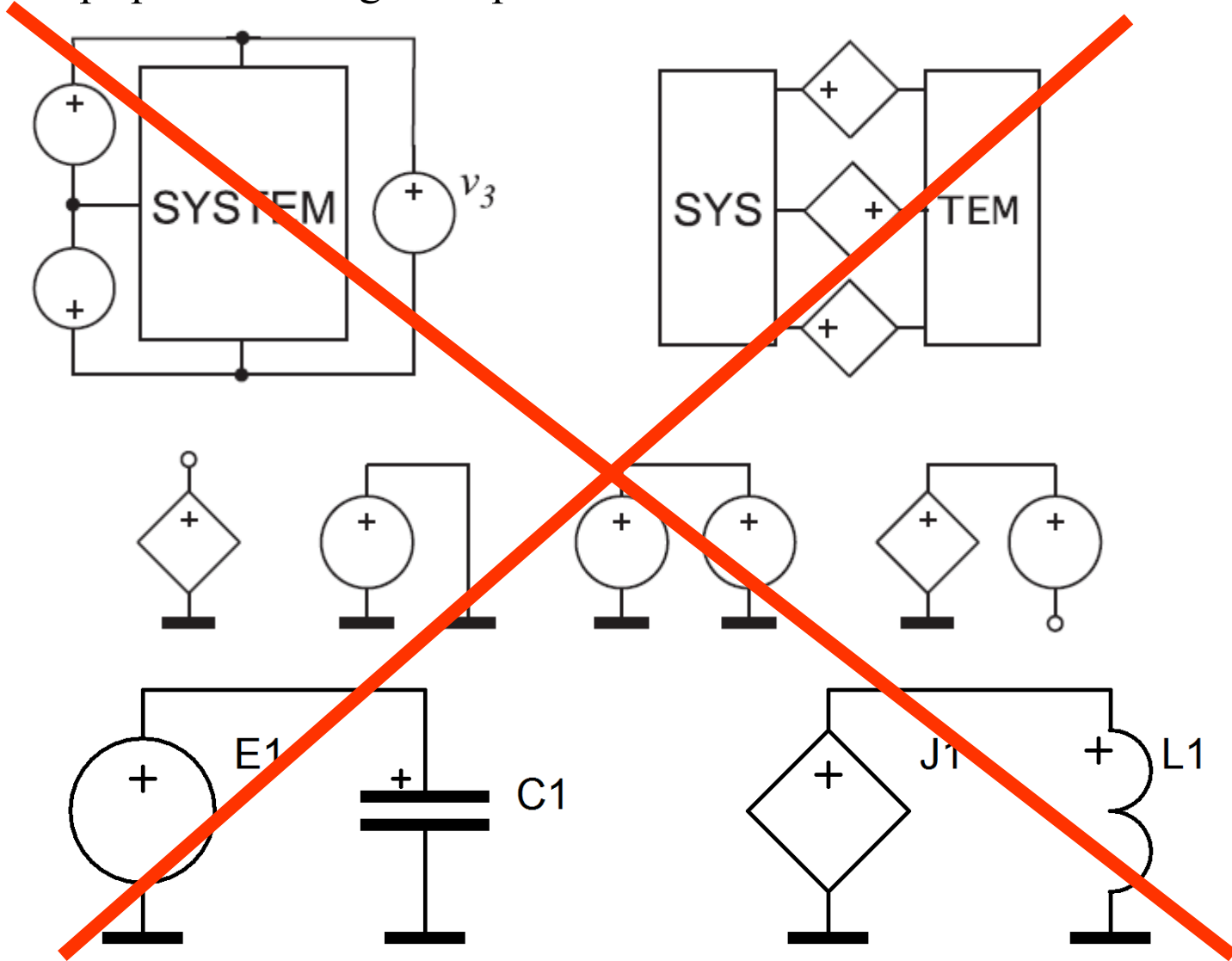
Sériová kombinace:

RI1 1-2=10;

L1 -R1=0.05;

# Fyzikální alias „branová“ schémata

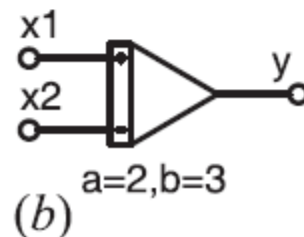
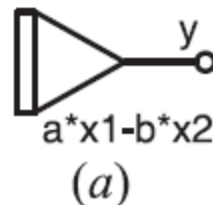
Nepřípustné konfigurace prvků:



# Bloková schémata

## Základní vlastnosti typů bloků:

| ZÁKLADNÍ BLOKY   | BLOKY V PODOBĚ SUBMODELŮ  |
|--|---|
| Charakter vztahu bloku je pro každý typ bloku nadefinován přímo v DYNASTu. | Vztah bloku je nadefinován v samostatném souboru.                     |
| Značka bloku má jen jeden výstupní vývod.                                  | Značka bloku může mít několik výstupních vývodů.                      |
| Značka bloku (kromě přenosového) nemá žádný vstupní vývod.                 | Značka bloku může mít několik vstupních vývodů.                       |
| Při každém použití bloku musí být zadán jeho úplný vztah.                  | Zadávají se pouze změněné parametry vztahu bloku, nikoliv jeho vztah. |



$$y = \int_{t_0}^t (ax_1 - bx_2) dt + y_0$$








# Bloková schémata

Základní bloky: *blok* [ $>$  *typ*] *uzel* [= *hodnota*]

| Typ | Význam          | Charakteristický vztah                 |
|-----|-----------------|--|
| BS  | dynamický blok  | $y = f(z_1, z_2, \dots)$               |
| BI  | integrační blok | $y = \int f(z_1, z_2, \dots) dt + y_0$ |
| BD  | derivační blok  | $y = \frac{d}{dt} f(z_1, z_2, \dots)$  |
| BO  | operační blok   | $y = f(z_1, z_2, \dots), y = 0$        |
| BT  | přenosový blok  | $Y(p) = K \frac{M(p)}{N(p)} Z(p)$      |

# Bloková schémata

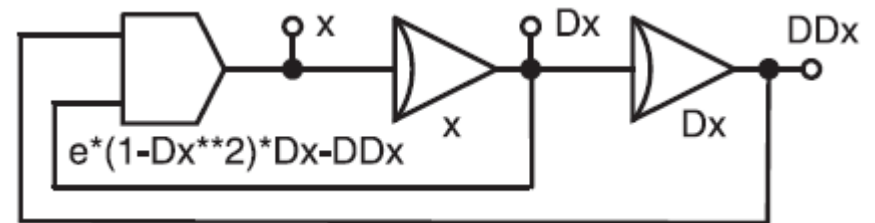
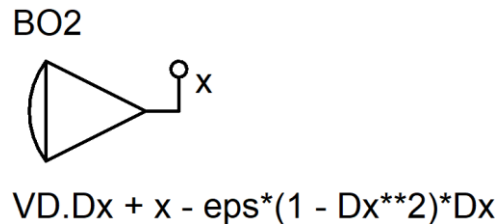
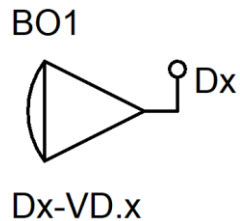
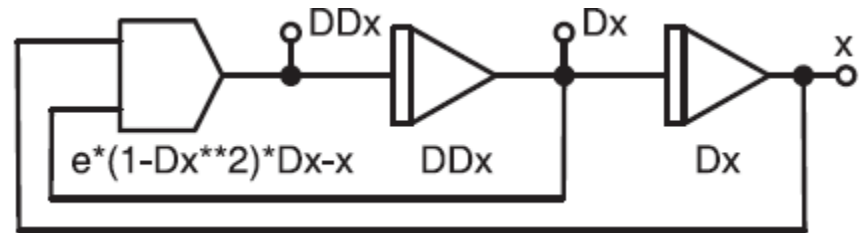
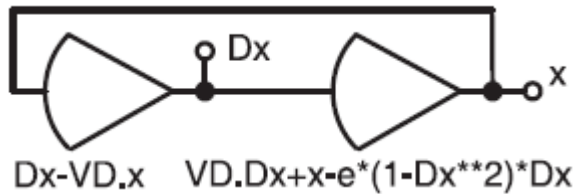
Základní bloky: *blok* [ $>$  *typ*] *uzel* [= *hodnota*]

| TYP | BLOK            | ZNAČKA  | VZTAH BLOKU  |
|-----|-----------------|---|--|
| BS  | explicitní blok |    | $y = f(u_1, u_2, \dots, \dot{u}_1, \dot{u}_2, \dots, t)$             |
| BO  | implicitní blok |    | $f(y, \dot{y}, u_1, u_2, \dots, \dot{u}_1, \dot{u}_2, \dots, t) = 0$ |
| BI  | integrátor      |    | $y = \int_{t_0}^t (k_1 u_1 + k_2 u_2 + \dots) dt + y_0$              |
| BD  | derivační blok  |   | $y = \frac{d}{dt} (k_1 u_1 + k_2 u_2 + \dots)$                       |
| BT  | přenosový blok  |  | $Y(s) = F(s) \cdot U(s), F(s) = K \frac{M(s)}{N(s)}$                 |

# Bloková schémata

Základní bloky: *blok* [ $>$  *typ*] *uzel* [= *hodnota*]

$$\ddot{x} - \varepsilon(1 - \dot{x}^2) + x = 0$$



**\*SYSTEM;**

**SYSVAR x, Dx;**

**eps = 0.01;**

**BO1 Dx = Dx-VD.x;**

**BO2 x = VD.Dx + x - eps\*(1 - Dx\*\*2)\*Dx;**

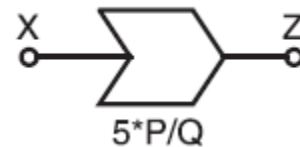
# Bloková schémata

Přenosový blok:

$$F(s) = K \frac{M(s)}{N(s)}$$

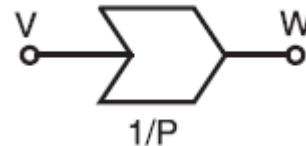
$$M(s) = s^m + a_{m-1}s^{m-1} + \dots + a_0 \quad \text{a} \quad N(s) = s^n + b_{n-1}s^{n-1} + \dots + b_0$$

$$Z(s) = 5 \frac{s^2 + 1}{(s + 1 - j)(s + 1 + j)} X(s)$$



P /poly/ 1,0,1; Q /root/ 1, [-1,1];

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 1} V(s)$$



# Struktura blokových schémat

U bloků BI a BD mohou být funkce pouze ve tvaru:

$$f(z_1, z_2, \dots) = k_1 z_1 + k_2 z_2 + \dots$$

Každému uzlu schématu může být připojen libovolný počet vstupů bloků, ale nejvýše jeden jediný výstup některého bloku.

Výjimku představují tzv. virtuální sumátory

# Virtuální sumátory

Definice bez V.S. vedoucí na tři primární rovnice:

$$\text{BS1 } 1 = a; \text{ BS2 } 2 = b; \text{ BS3 } 4 = c \cdot (V.1 + V.2);$$

Definice s V.S. vedoucí na pouze dvě primární rovnice:

$$\text{BS1 } 3 = a; \text{ BS2 } 3 = b; \text{ BS3 } 4 = c \cdot V.3;$$

# Proměnné blokových schémat

Za primární veličiny jsou považovány všechny uzlové proměnné schématu, které se ve vstupním jazyku programu označují s formátem:

*V.uzel*

Derivace uzlových proměnných schématu podle vnitřní nezávisle proměnné TIME se ve vstupním jazyku programu označují s formátem:

*VD.uzel*

# Řešení RLC kombinace bloky BI a BD

sysvar PROUD,PROUDD,PROUDI;

$$L \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt = u(t)$$

R1 = 10;

L1 = 0.05;

C1 = 1u;

BS2 E1 = 10\*SIN(100pi\*TIME);

$$i(t) = \frac{u(t) - \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt - L \frac{di(t)}{dt}}{R}$$

BD1 PROUDD=PROUD;

BI2 PROUDI=PROUD;

BS1 PROUD=-L1/R1\*PROUDD-1/C1/R1\*PROUDI+E1/R1;

NAP\_KAP=1/C1\*PROUDI;



# Řešení RLC kombinace bloky BI a BD

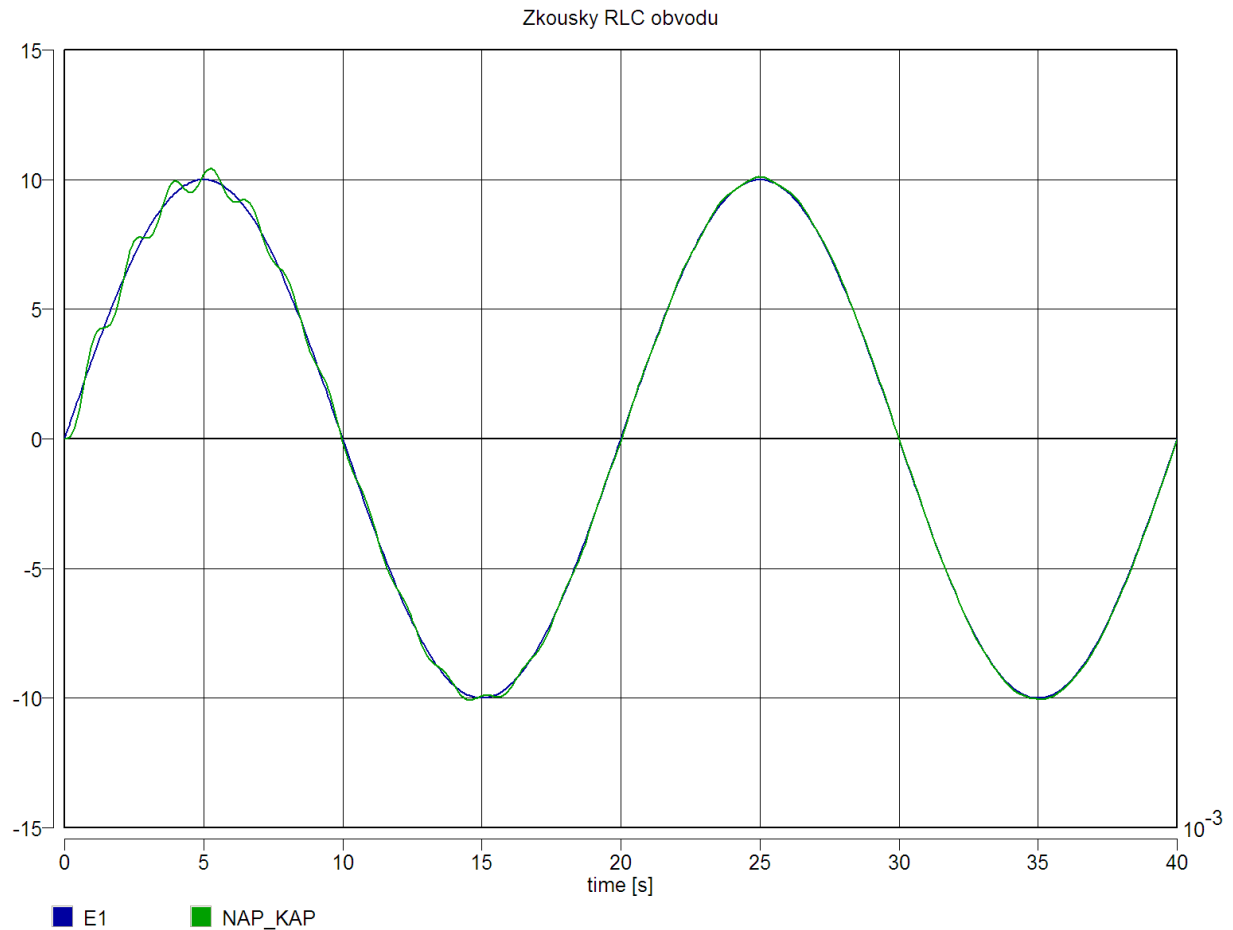
\*TR;

TR 0 0.1;

PRINT E1, NAP\_KAP, PROUD, PROUDD, PROUDI;

RUN;

\*END;



# Řešení RLC kombinace bloky BI a BD

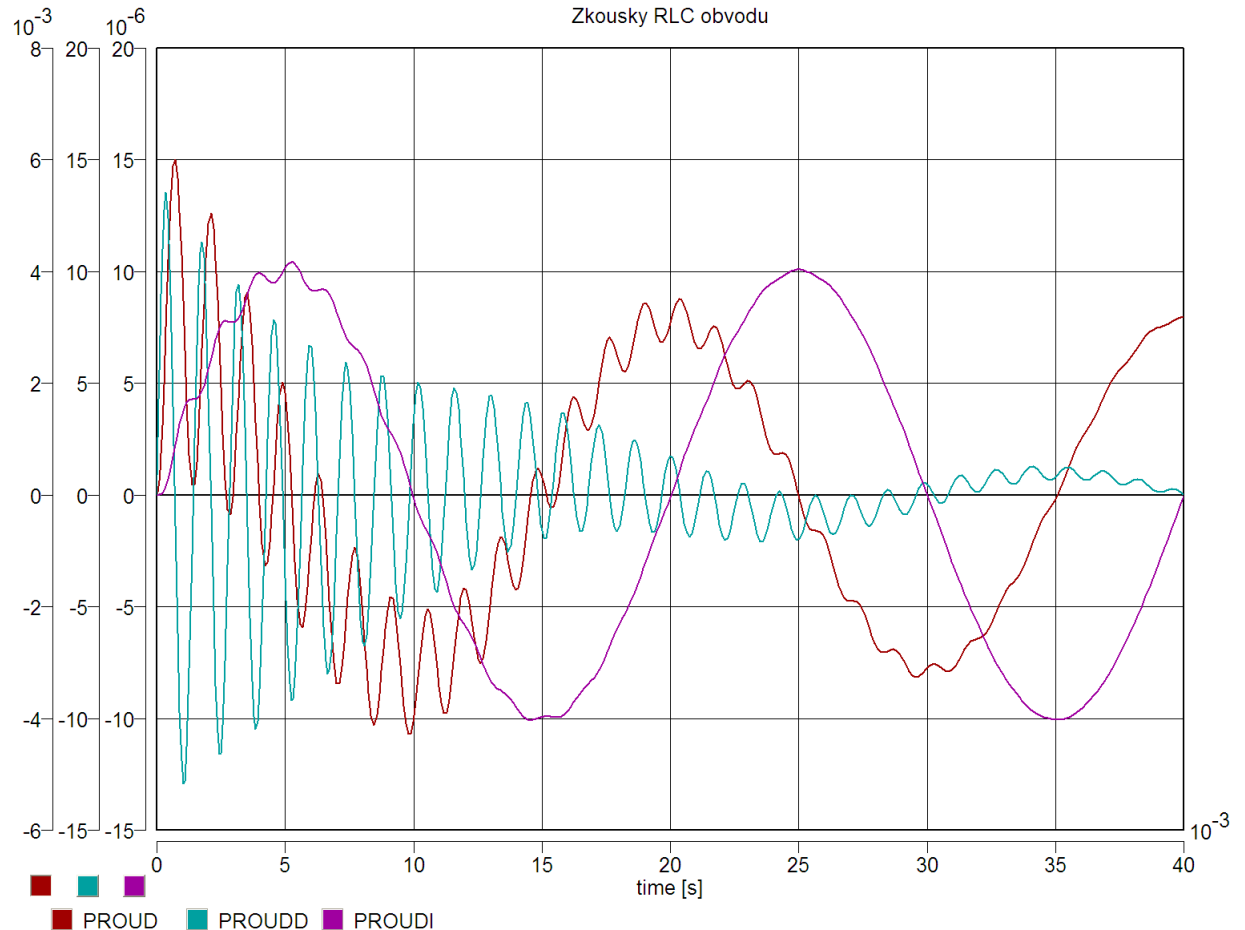
\*TR;

TR 0 0.1;

PRINT E1, NAP\_KAP, PROUDD, PROUDDI, PROUDI;

RUN;

\*END;



# Řešení RLC kombinace jen bloky BD

sysvar PROUD,PROUDD,PROUD2D;

$$L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + R \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} i(t) = \frac{du(t)}{dt}$$

R1 = 10;

L1 = 0.05;

C1 = 1u;

E1 = 10\*SIN(100pi\*TIME);

BS2 E1D = 10\*SIN(100pi\*TIME)% TIME;

BD1 PROUDD=PROUD;

BD2 PROUD2D=PROUDD;

BS1 PROUD=-L1\*C1\*PROUD2D-R1\*C1\*PROUDD+E1D\*C1;

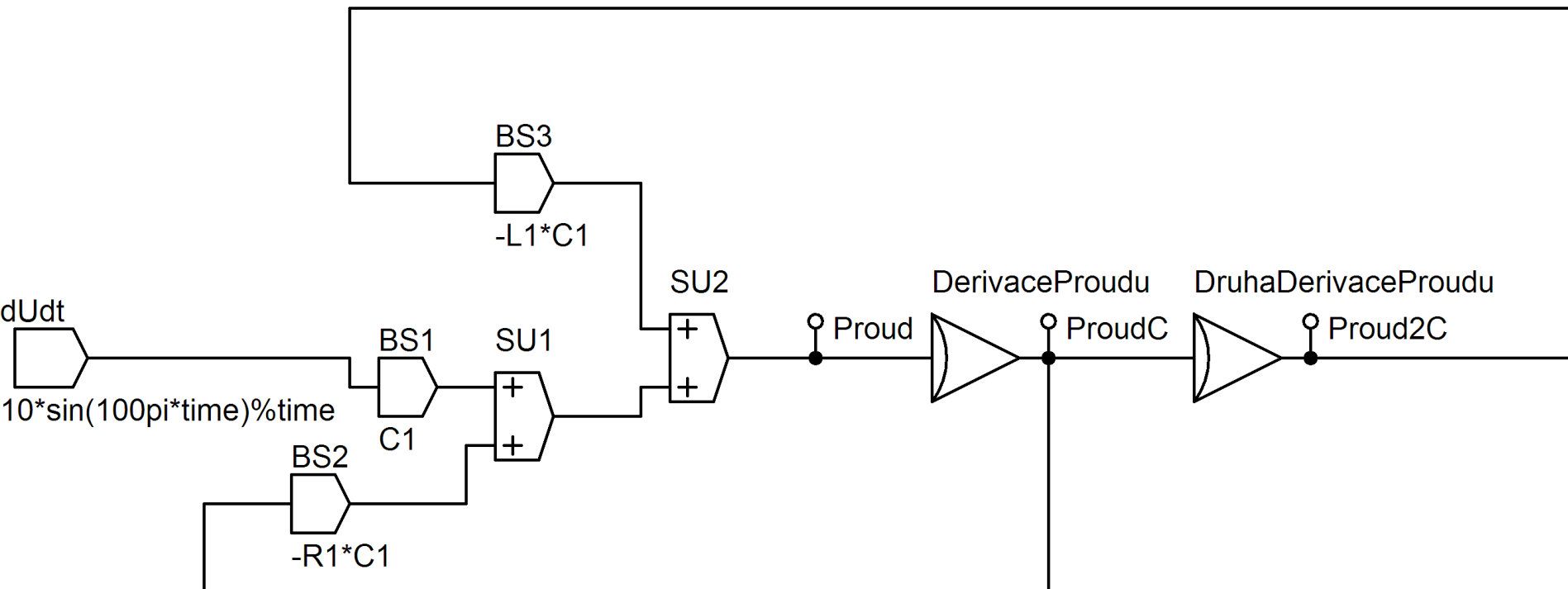
BI1 NAP\_KAP=1/C1\*PROUD;

$$i(t) = C \left( \frac{du(t)}{dt} - L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} - R \frac{di(t)}{dt} \right)$$

# Řešení RLC kombinace jen bloky BD v podobě submodelů

$$L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + R \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} i(t) = \frac{du(t)}{dt}$$

$$i(t) = C \left( \frac{du(t)}{dt} - L \frac{d^2 i(t)}{dt^2} - R \frac{di(t)}{dt} \right)$$



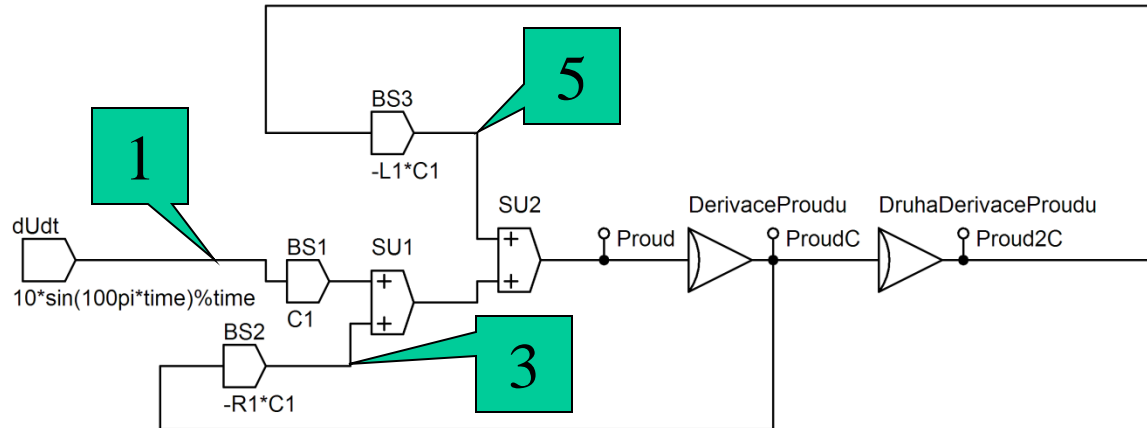
# Řešení RLC kombinace jen bloky BD v podobě submodelů

$R1 = 10;$

$L1 = 0.05;$

$C1 = 1\mu;$

$E1 = 10 * \sin(100\pi * \text{time});$



`dUdt > BS 1 = 10*sin(100pi*time)%time;`

`DerivaceProudu > @Differentiator Proud,ProudC;`

`DruhaDerivaceProudu > @Differentiator ProudC,Proud2C;`

`SU1 > @Summator 2,3,4;`

`BS1 > @BS1 1,2 / C1;`

`BS2 > @BS1 ProudC,3 / -R1*C1;`

`SU2 > @Summator 5,4,Proud;`

`BS3 > @BS1 Proud2C,5 / -L1*C1;`

# Makromodely

## **Definice:**

*model {uzel[-uzel]}...[/parametr=hodnota]...*

*vnitřní popis makromodelu*

EO@;

## **Volání:**

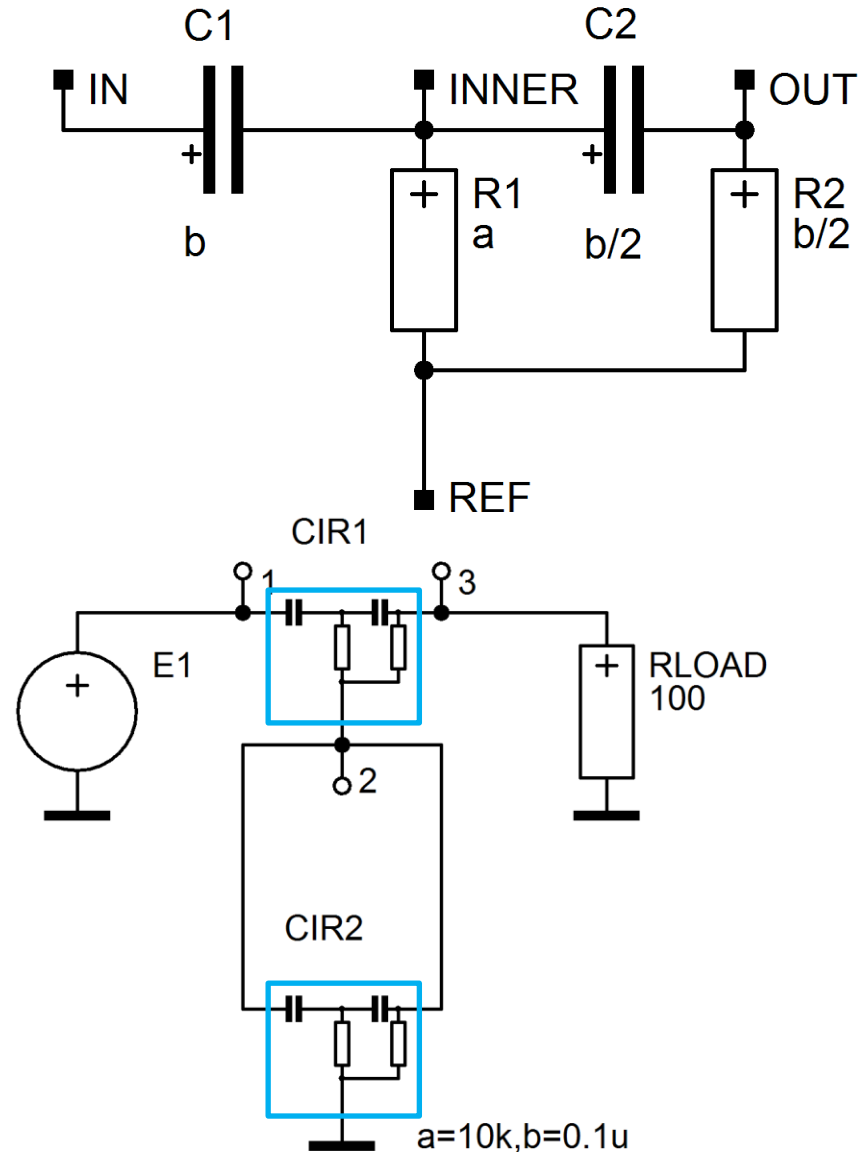
*[modul>]@model{uzel[-uzel]}...[/parametr=hodnota]...*

# Makromodely – Příklad

## Dvojitý derivační článek

**CRCR IN, REF, OUT / a=1k,b=10u;**  
**R1 INNER-REF = a; R2 OUT-REF = b/2;**  
**C1 IN-INNER = b; C2 INNER - OUT = b/2;**  
**EO@;**

**\*SYSTEM; E 1; RLOAD 3 = 100;**  
**CIR1 > @CRCR 1, 2, 3 ;**  
**CIR2 > @CRCR 2,0;2 / 10k, .1u;**



a=10k,b=0.1u

# Makromodely – Příklad

## Dvojitý derivační článek

:: Dvojitý derivační článek

:::SYMBOL{EXAMPLE}{CRCR}

:::ASSUM

::: Příklad makromodelu s dokumentací

:::DIAGRAM[[]]

:::FIG

:::INTER

:::EXTP

:::DATA

:::ORIG

::: Karel Noháč KEE, FEL, ZČU v Plzni

CRCR ::

REF,

OUT,

IN/

a = 1k, :: Parametr "A"

b = 10u; :: Parametr "B"

:::ORIG

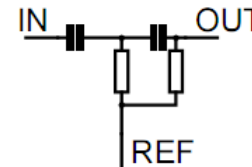
::: Karel Noháč, KEE, FEL, ZČU v Plzni

...

Page: 1

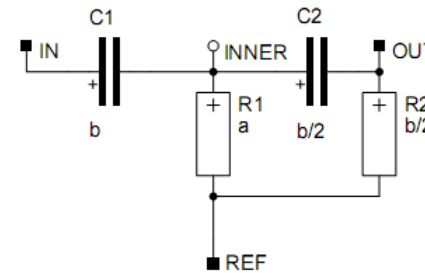
Submodel: CRCR

### Dvojitý derivační článek



### Assumptions

Příklad makromodelu s dokumentací





# Makromodely – Příklad

## Dvojitý derivační článek

```
:: Dvojitý derivační článek
:::SYMBOL{EXAMPLE}{CRCR}
:::ASSUM
::: Příklad makromodelu s dokumentací
:::DIAGRAM[[]]{}
:::FIG
:::INTER
:::EXTP
:::DATA
:::ORIG
::: Karel Noháč KEE, FEL, ZČU v Plzni
CRCR ::
REF,
OUT,
IN/
a = 1k, :: Parametr "A"
b = 10u; :: Parametr "B"
:::ORIG
::: Karel Noháč, KEE, FEL, ZČU v Plzni
...
```

### Interface

```
REF
OUT
IN
```

### External Parameters

```
a = 1k      Parametr "A"
b = 10μ     Parametr "B"
```

### Data

```
:: Dvojitý derivační článek
CRCR ::
REF,
OUT,
IN/
a = 1k,  :: Parametr "A"
b = 10u;  :: Parametr "B"
R1 INNER-REF = a;
R2 OUT-REF = b/2;
C1 IN-INNER = b;
C2 INNER-OUT = b/2;
EO@;
```

### Origin

Karel Noháč KEE, FEL, ZČU v Plzni

# Makromodely – Příklad – DDČ

:: Dvojity derivacni clanek

:::SYMBOL{EXAMPLE}{CRCR}

:::ASSUM

::: Příklad makromodelu s dokumentací

:::DIAGRAM[[]]

:::FIG

:::INTER

:::EXTP

:::DATA

:::ORIG

::: Karel Noháč KEE, FEL, ZČU v Plzni

CRCR ::

REF,

OUT,

IN/

a = 1k, :: Parametr "A"

b = 10u; :: Parametr "B"

:::ORIG

::: Karel Noháč, KEE, FEL, ZČU v Plzni

...

Dvojity derivacni clanek - Mozilla Firefox

Soubor Úpravy Zobrazení Historie Záložky Nástroje nápověda

file:///C:/DOCUME~1/KARELN~1/LOCALS~1/Temp/dyn/jdc/html/4AE7DBDB

Dvojity derivacni clanek

Submodel: CRCR

## Dvojity derivacni clanek

**Assumptions**  
Příklad makromodelu s dokumentací

**Interface**  
REF  
OUT  
IN

**External Parameters**  
a = 1k Parametr "A"  
b = 10 $\mu$  Parametr "B"

**Data**  
**:: Dvojity derivacni clanek**  
CRCR ::  
REF,  
OUT,  
IN/  
a = 1k, :: Parametr "A"  
b = 10u; :: Parametr "B"  
R1 INNER-REF = a;  
R2 OUT-REF = b/2;  
C1 IN-INNER = b;  
C2 INNER-OUT = b/2;  
EO@;

**Origin**  
Karel Noháč KEE, FEL, ZČU v Plzni

**Last Update**  
October 26, 2011

Hotovo

# Makromodely – Příklad – DDČ

**\*: Příklad použití makra CRCR**

**:::PURP**

**::: Test makromodelu CRCR**

**:::DESC**

**::: Napájení 500 Hz zdrojem.**

**\*SYSTEM;**

**:::PARA**

**:::MODEL**

**:::DIAGRAM[{}]**

**:::DATA**

**:::**

**:::PLOT[w=150, h=80, deps=1+2, indep=0, co** System Parameters

**:::PLOT[w=150, h=80, deps=3-4, indep=0, cor** Model

**:::ORIG**

**CIR1 > @CRCR 2,3,1;**

**CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;**

**E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);**

**RLOAD 3 = 100;**

**\*TR;**

**TR 0 0.01;**

**PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;**

**RUN;**

**\*END;**

Page: 1

Example: CRCREXAMPLE

## Příklad použití makra CRCR

### Purpose

Test makromodelu CRCR

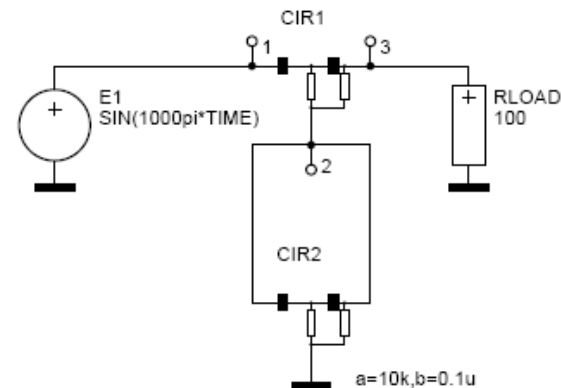
### Description

Napájení 500 Hz zdrojem.

### Solution

System Parameters

Model



# Makromodely – Příklad – DDČ

\*: Příklad použití makra CRCR

:::PURP

::: Test makromodelu CRCR

:::DESC

::: Napájení 500 Hz zdrojem.

\*SYSTEM;

:::PARA

:::MODEL

:::DIAGRAM[{}]

**:::DATA**

...

:::PLOT[w=150, h=80, deps=1+2, indep=0, common=no, multiple=no, title=no ]

:::PLOT[w=150, h=80, deps=3-4, indep=0, common=no, multiple=yes, title=no ]

:::ORIG

CIR1 > @CRCR 2,3,1;

CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;

E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);

RLOAD 3 = 100;

\*TR;

TR 0 0.01;

PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;

RUN;

\*END;

## Data

\*: Příklad použití makra CRCR

\*SYSTEM;

CIR1 > @CRCR 2,3,1;

CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;

E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);

RLOAD 3 = 100;

\*TR;

TR 0 0.01;

PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;

RUN;

\*END;

# Makromodely – Příklad – DDČ

\*: Příklad použití makra CRCR

:::PURP

::: Test makromodelu CRCR

:::DESC

::: Napájení 500 Hz zdrojem.

\*SYSTEM;

:::PARA

:::MODEL

:::DIAGRAM[{}]

:::DATA

:::

**:::PLOT[w=150, h=80, deps=1+2, indep=0, common=no, multiple=no, title=no ]**

:::PLOT[w=150, h=80, deps=3-4, indep=0, common=no, multiple=yes, title=no ]

:::ORIG

CIR1 > @CRCR 2,3,1;

CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;

E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);

RLOAD 3 = 100;

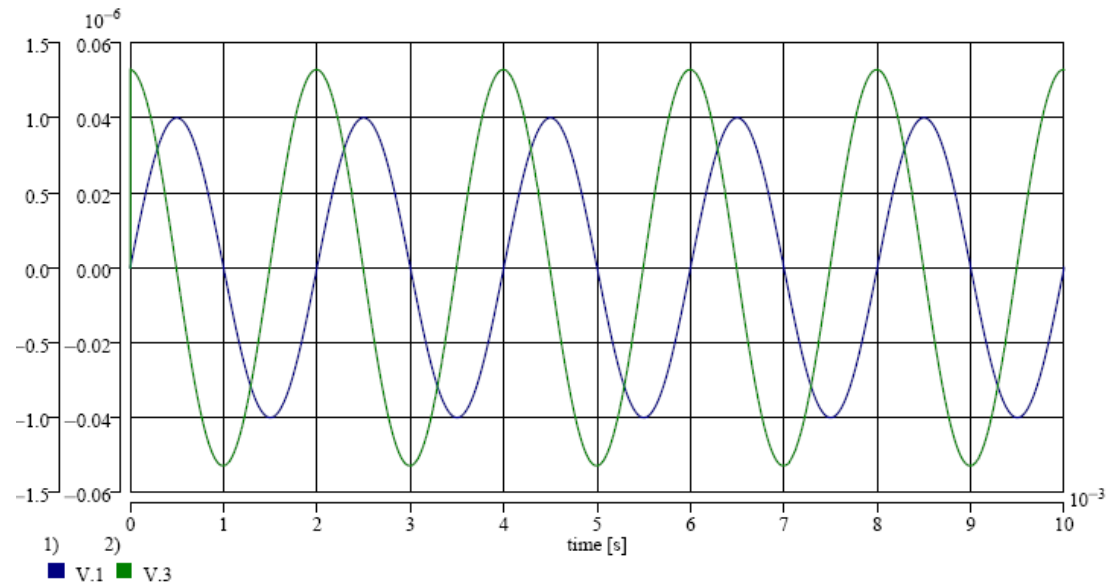
\*TR;

TR 0 0.01;

PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;

RUN;

\*END;



# Makromodely – Příklad – DDČ

\*: Příklad použití makra CRCR

:::PURP

::: Test makromodelu CRCR

:::DESC

::: Napájení 500 Hz zdrojem.

\*SYSTEM;

:::PARA

:::MODEL

:::DIAGRAM[{}]

:::DATA

:::

:::PLOT[w=150, h=80, deps=1+2, indep=0, common=no, multiple=no, title=no ]

:::PLOT[w=150, h=80, deps=3-4, indep=0, common=no, multiple=yes, title=no ]

:::ORIG

CIR1 > @CRCR 2,3,1;

CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;

E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);

RLOAD 3 = 100;

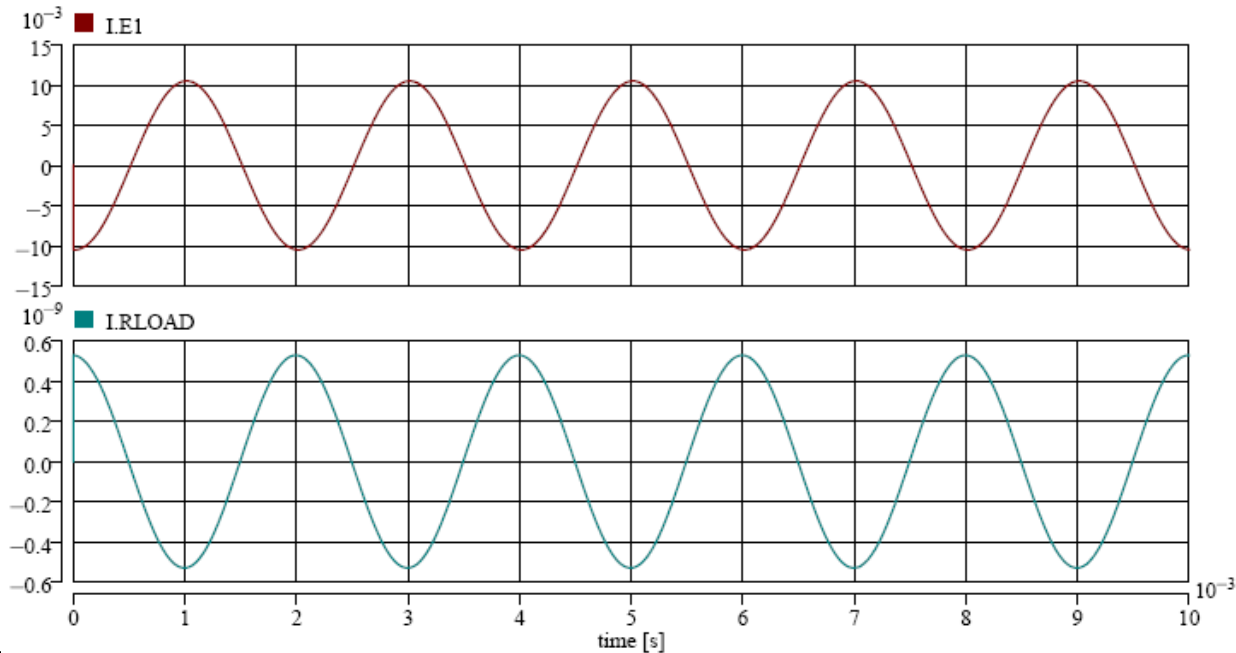
\*TR;

TR 0 0.01;

PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;

RUN;

\*END;



# Makromodely – Příklad – DDČ

\*: Příklad použití makra CRCR

:::PURP

::: Test makromodelu CRCR

:::DESC

::: Napájení 500 Hz zdrojem.

\*SYSTEM;

:::PARA

:::MODEL

:::DIAGRAM[[]]

:::DATA

:::

:::PLOT[w=150, h=80, deps=1+2, indep=0, common=

:::PLOT[w=150, h=80, deps=3-4, indep=0, common=

:::ORIG

CIR1 > @CRCR 2,3,1;

CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;

E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);

RLOAD 3 = 100;

\*TR;

TR 0 0.01;

PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;

RUN;

\*END;

Příklad použití makra CRCR - Mozilla Firefox

file:///C:/DOCUME~1/KARELN~1/LOCALS~1/Temp/dyn/jdc/html/6E3D244A

Příklad použití makra CRCR

Example: CRCREXAMPLE

## Příklad použití makra CRCR

**Purpose**  
Test makromodelu CRCR

**Description**  
Napájení 500 Hz zdrojem.

### Solution

**System Parameters**

**Model**

**Data**

```
*: Příklad použití makra CRCR
*SYSTEM;
CIR1 > @CRCR 2,3,1;
CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;
E1 1 = SIN(1000pi*TIME);
RLOAD 3 = 100;
*TR;
TR 0 0.01;
PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;
RUN;
*END;
```

Hotovo

# Makromodely – Příklad – DDČ

\*: Příklad použití makra CRCR

:::PURP

::: Test makromodelu CRCR

:::DESC

::: Napájení 500 Hz zdrojem.

\*SYSTEM;

:::PARA

:::MODEL

:::DIAGRAM[[]]

:::DATA

:::

:::PLOT[w=150, h=80, deps=1+2, indep=0, common=no, mu

:::PLOT[w=150, h=80, deps=3-4, indep=0, common=no, mu

:::ORIG

CIR1 > @CRCR 2,3,1;

CIR2 > @CRCR 0,2,2 / a=10k,b=0.1u;

E1 1 = SIN(1000pi\*TIME);

RLOAD 3 = 100;

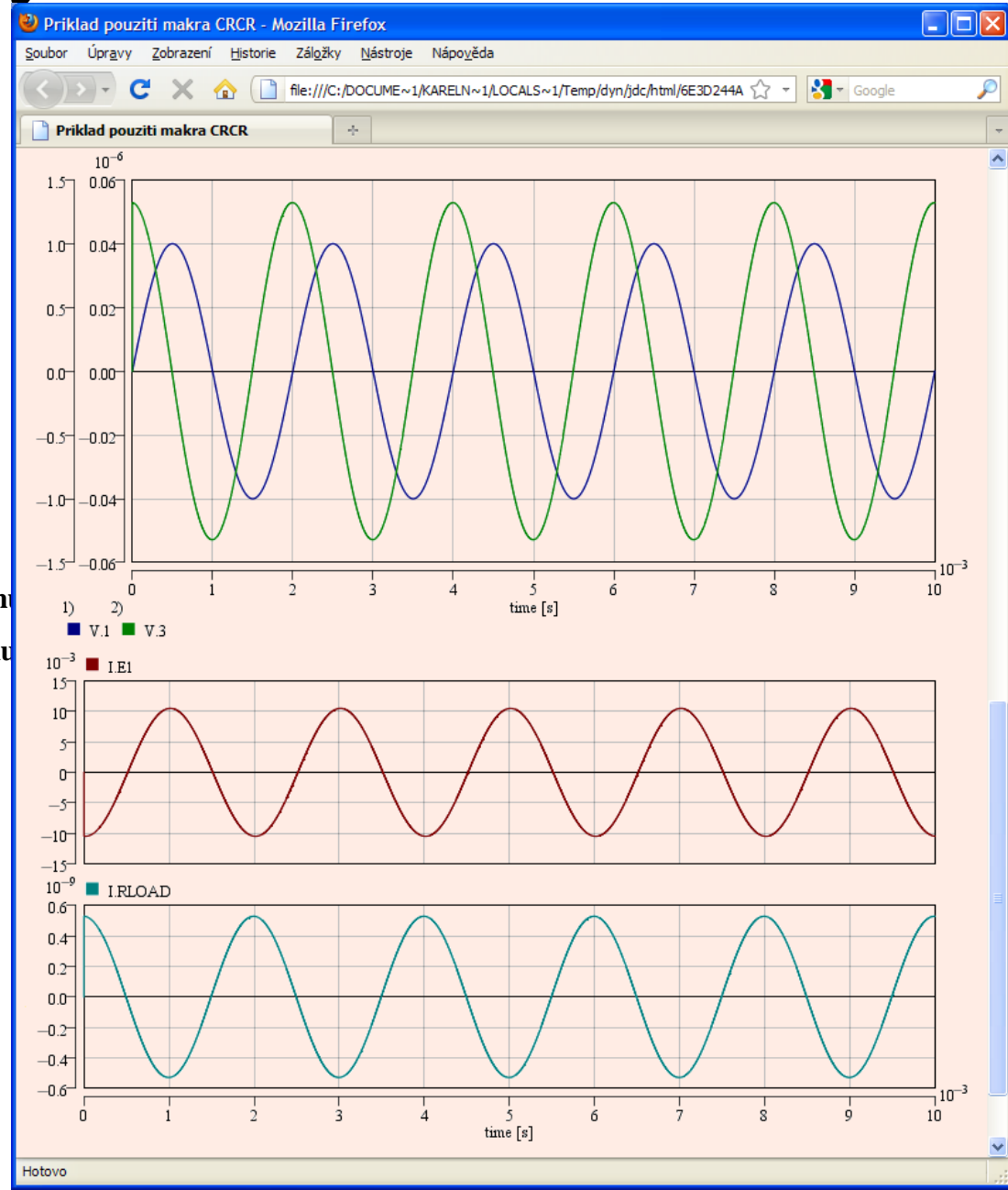
\*TR;

TR 0 0.01;

PRINT V.1, V.3, I.E1, I.RLOAD;

RUN;

\*END;





# Makromodely – Příklad modelu

trafo1 IN, REF, OUT1, OUT2, OUT3, OUT4;

LSA1 IN-REF=0.0064;

LHA1 -LSA1=340;

RIA1 -LSA1=0.7;

LSA2 OUT1-OUT2=0.54;

LHA2 -LSA2=340;

RIA2 -LSA2=1;

MA2 LHA1-LHA2=340;

LSA3 OUT3-OUT4=0.54;

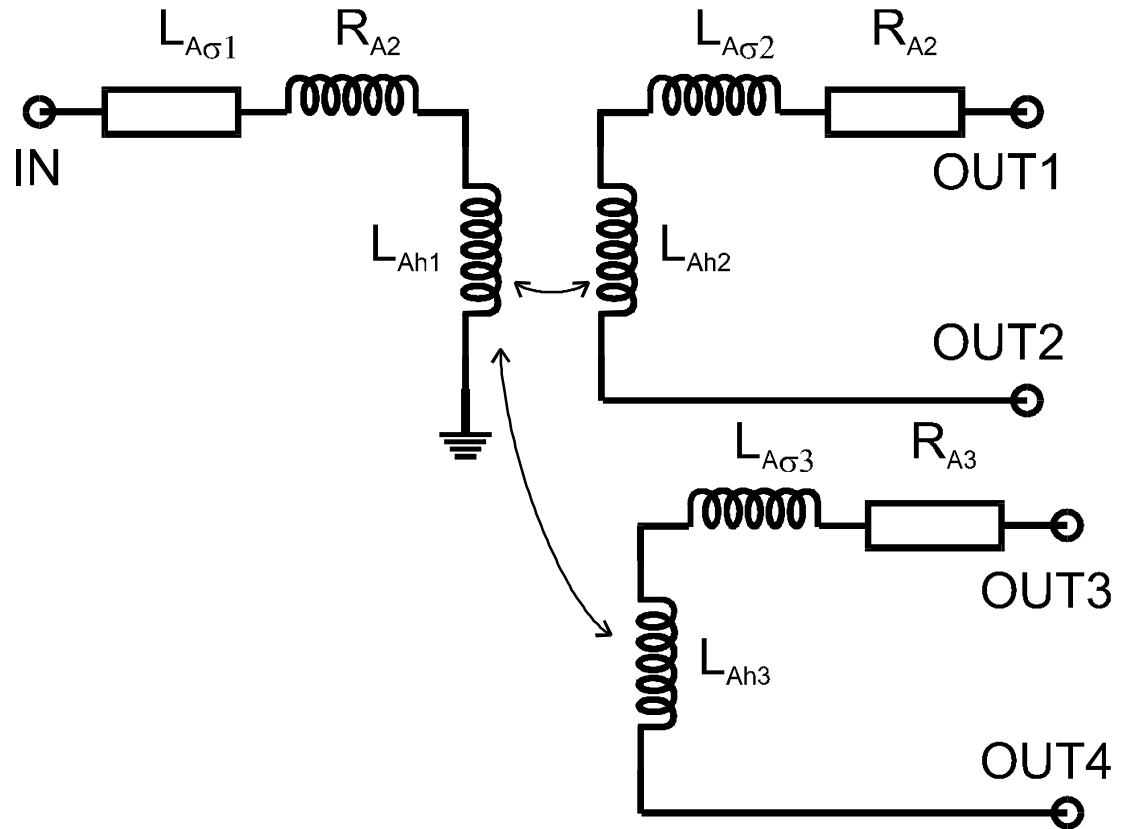
LHA3 -LSA3=340;

RIA3 -LSA3=1;

MA3 LHA1-LHA3=340;

MA23 LHA2-LHA3=340;

EO@;



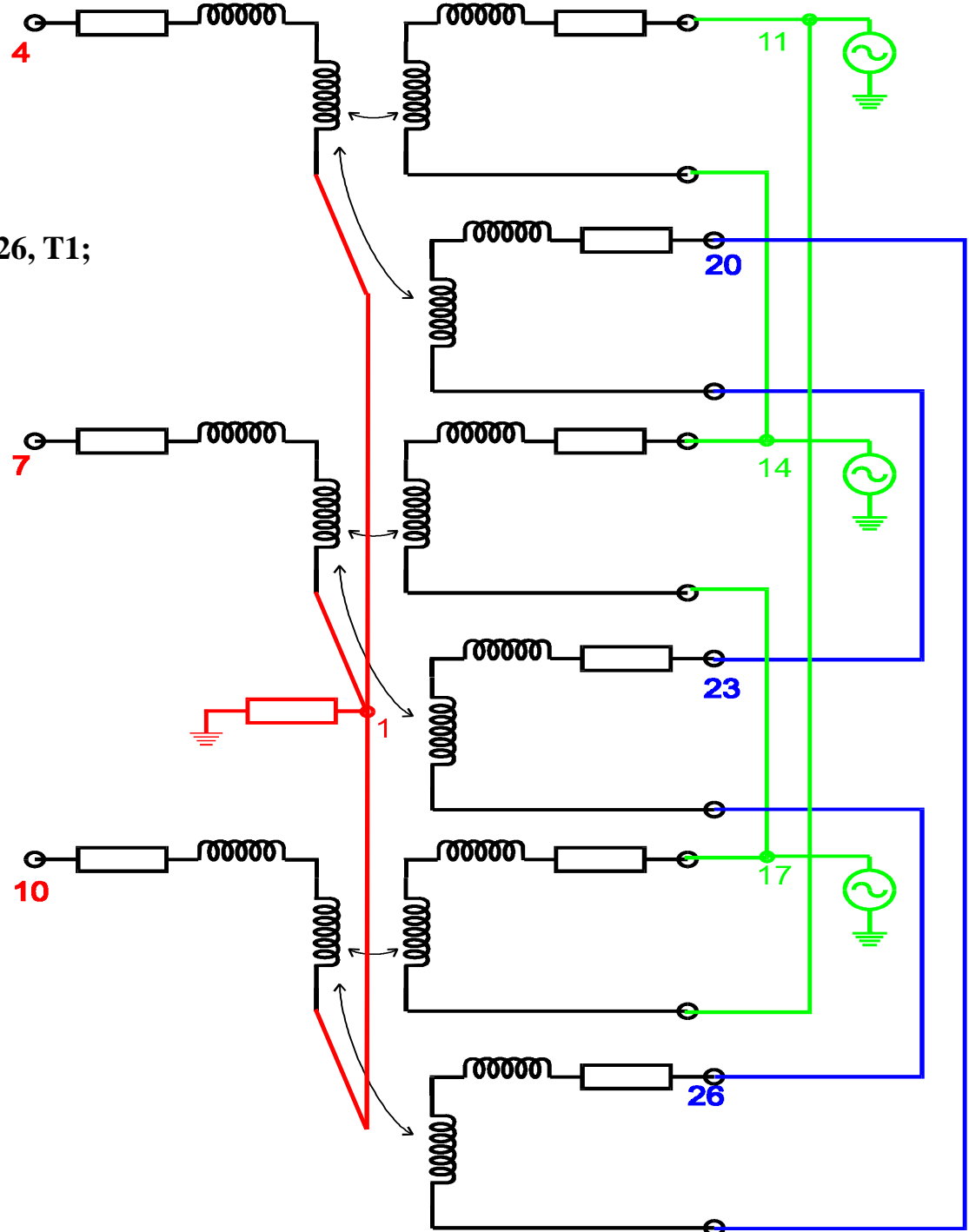
**trafo2 T4, T7, T10, T11, T14, T17, T20, T23, T26, T1;**

**traA > @trafo1 T4, T1,T11,T14,T20,T23;**

**traB > @trafo1 T7, T1,T14,T17,T23,T26;**

**traC > @trafo1 T10,T1,T17,T11,T26,T20;**

**EO@;**



# Makromodely – Příklad užití modelu

```
*system;
```

```
A=420000*1.41/1.73;f=50;
```

```
EZDRO1 11=A*sin(2*1Pi*f*TIME);
```

```
EZDRO2 14=A*sin(2*1Pi*f*TIME+2Pi/3);
```

```
EZDRO3 17=A*sin(2*1Pi*f*TIME-2Pi/3);
```

```
RZ1 4=100ME; RZ2 7=100ME; RZ5 10=100ME;
```

```
RZ3 20=100ME; RZ4 23=100ME; RZ6 26=100ME;
```

```
RG 1=2;
```

```
transf > @trafo2 4, 7, 10, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 1;
```

```
*tr;
```

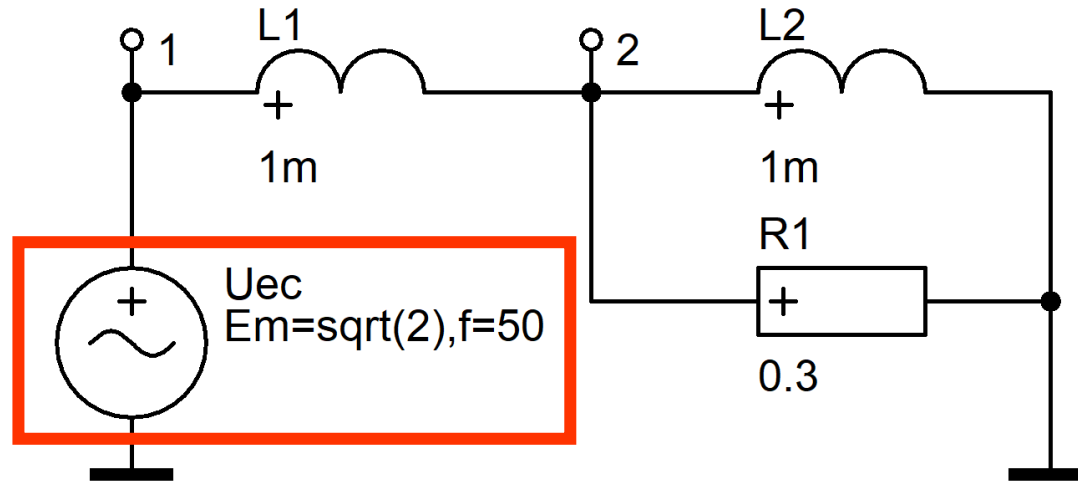
```
tr 0 0.05;
```

```
print (300) V.1,V.4,V.7,V.10,V.11,V.14,V.17,V.20,V.23,V.26,I.EZDRO1;
```

```
run;
```

```
*end;
```

# Analýza ustáleného harmonického obvodu



```
*SYSTEM;
```

```
Uec > @esine 1,0 / Em=sqrt(2),f=50;
```

```
L1 1-2 = 1m;
```

```
L2 2 = 1m;
```

```
R1 2 = 0.3;
```

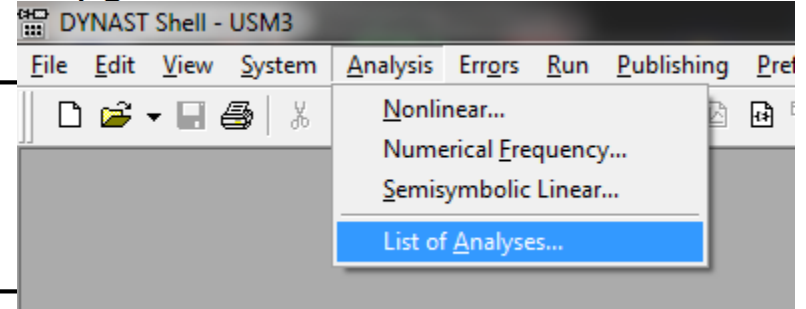
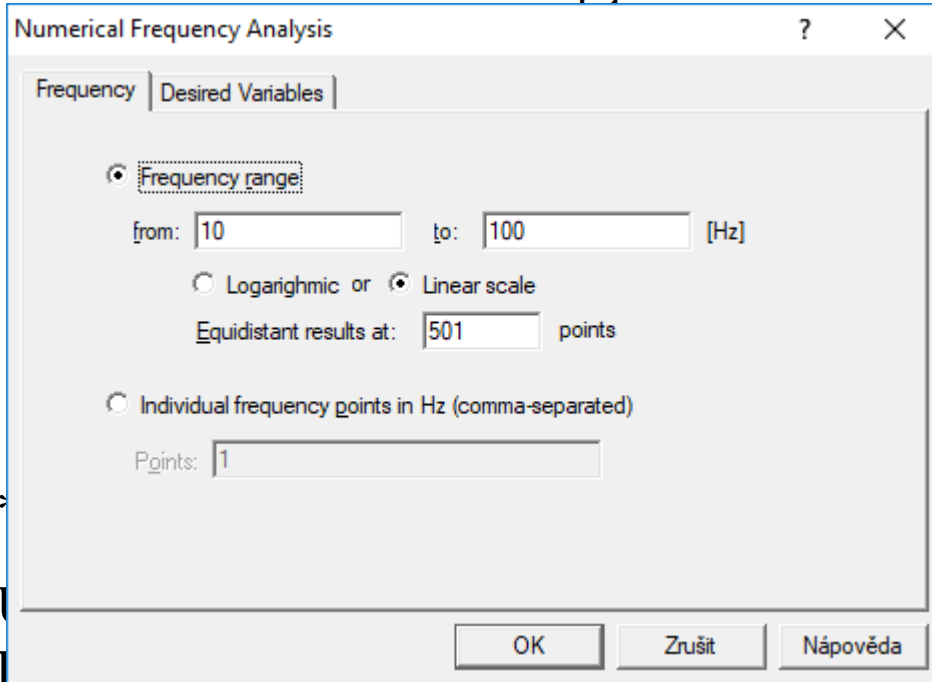
```
*TR;
```

```
TR 0 0.1;
```

```
PRINT(1001) V.1,  
V.2, I.L1, I.L2, I.R1;
```

```
RUN;
```

# Analýza ustáleného harmonického obvodu



0.3

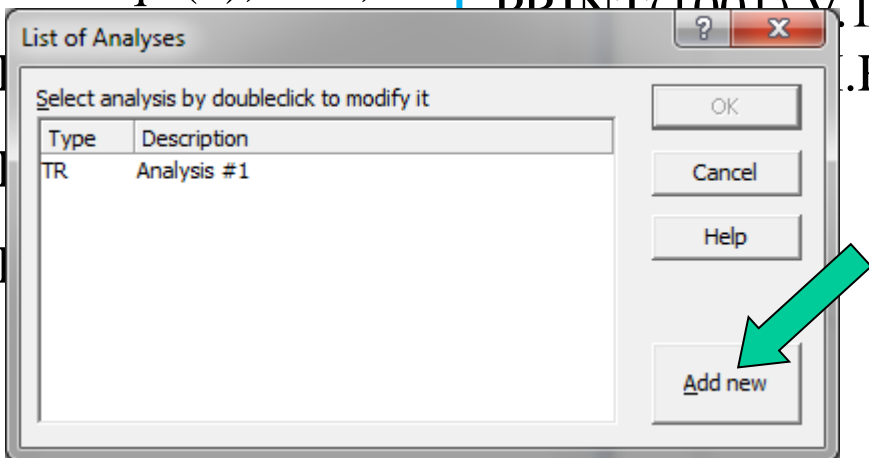
\*AC;

**FREQ /LIN 10 100;**

PRINT MOD.I.L1, DEG.I.L1,  
MOD.I.L2, DEG.I.L2, MOD.I.R1,  
DEG.I.R1, MOD.2, DEG.2;

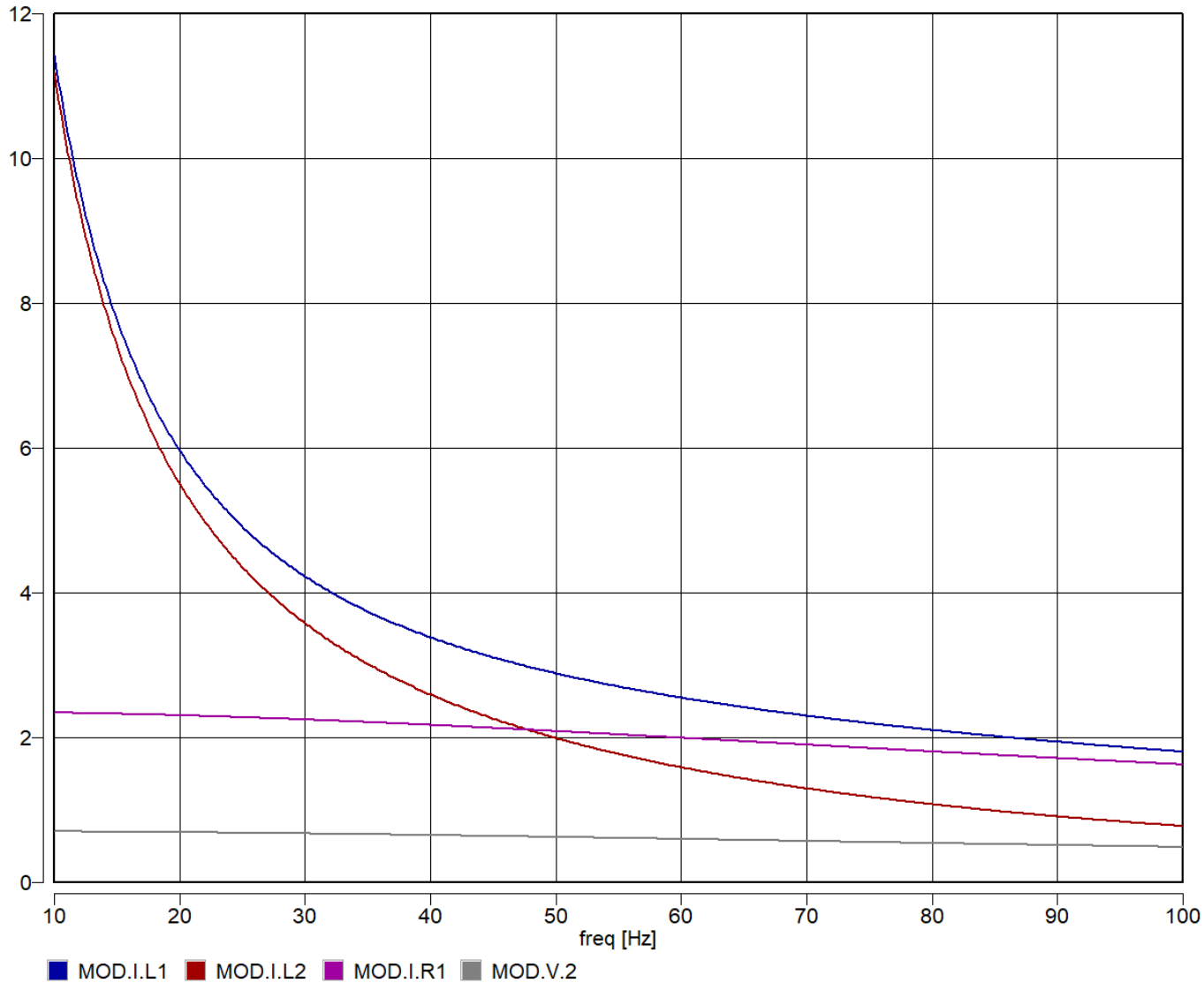
RUN;

\*END;

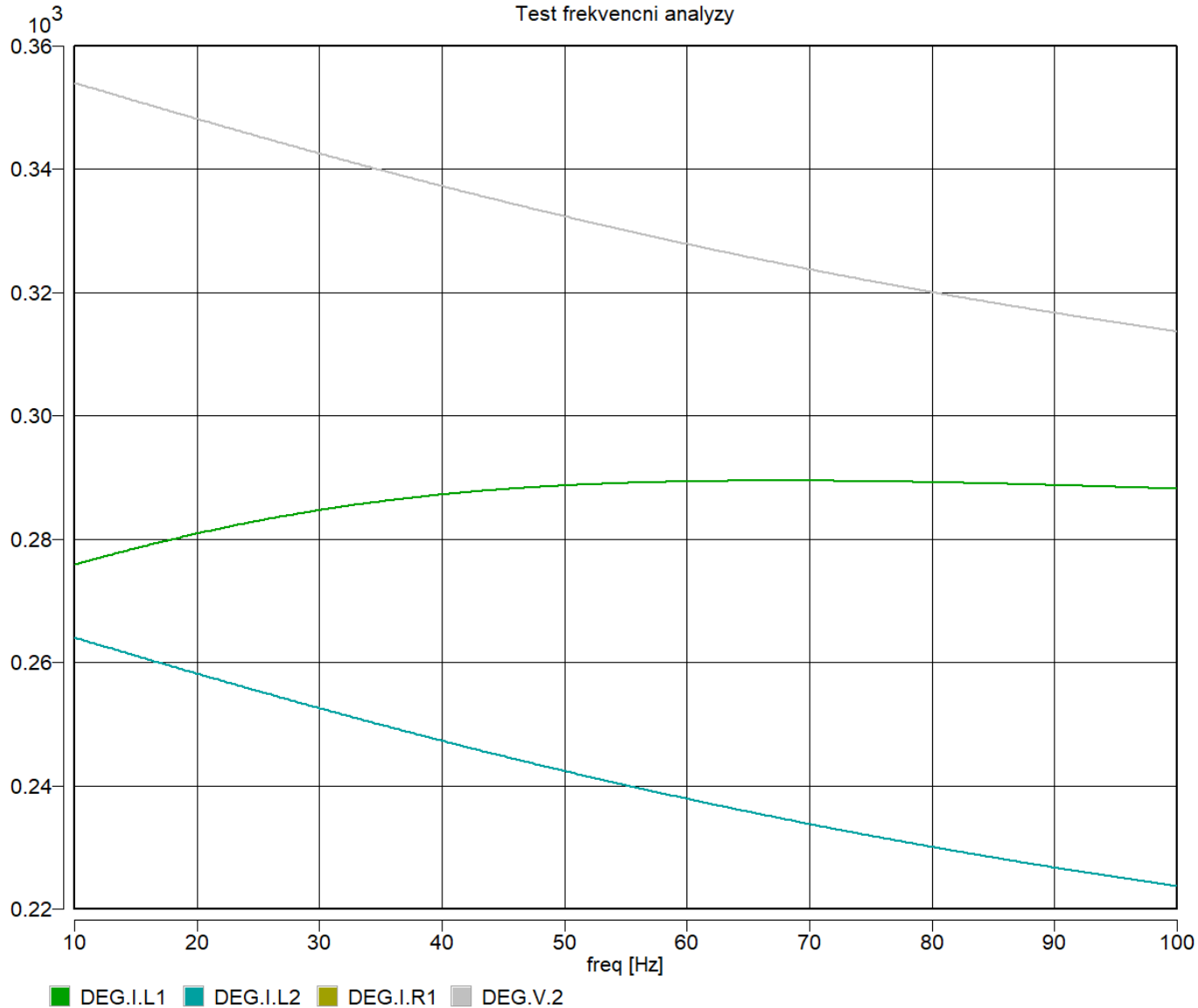


# Analýza ustáleného harmonického obvodu

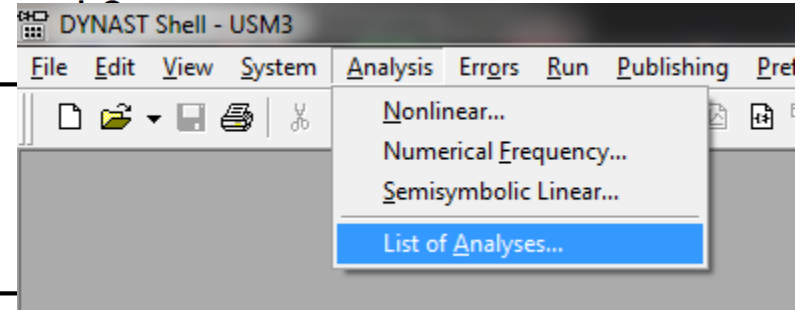
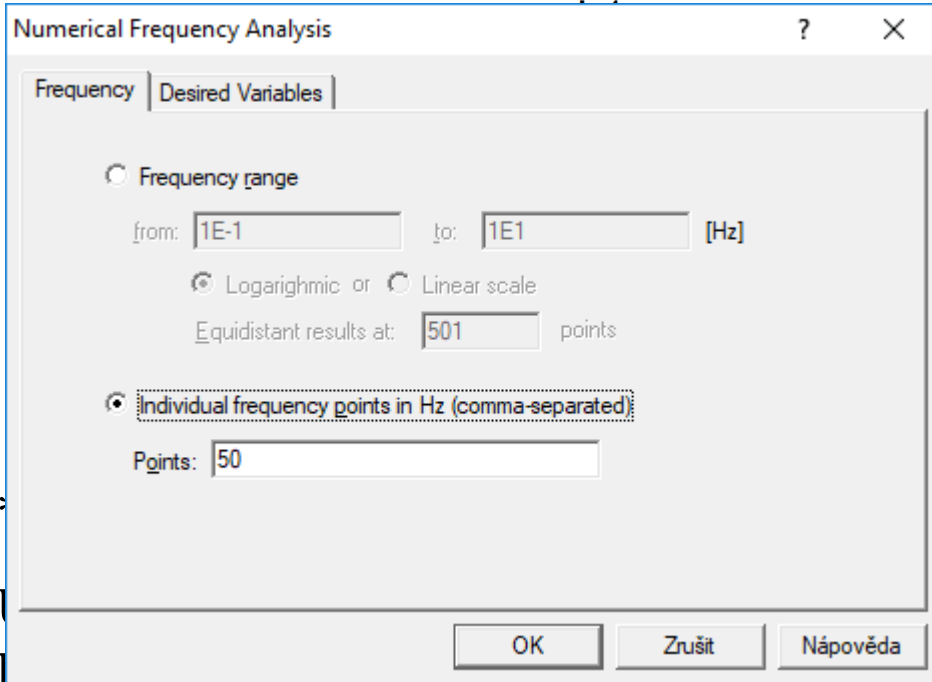
Test frekvencni analyzy



# Analýza ustáleného harmonického obvodu



# Analýza ustáleného harmonického obvodu



0.3

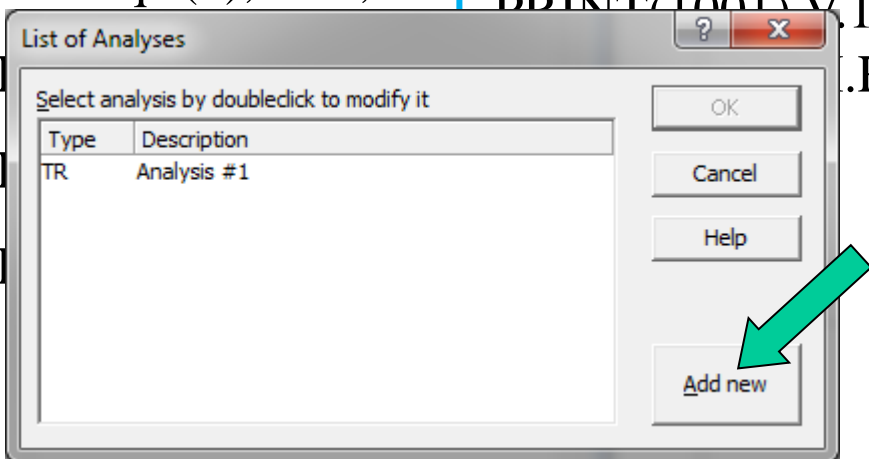
\*AC;

**FREQ = 50;**

PRINT MOD.I.L1, DEG.I.L1,  
MOD.I.L2, DEG.I.L2, MOD.I.R1,  
DEG.I.R1, MOD.2, DEG.2;

RUN;

\*END;

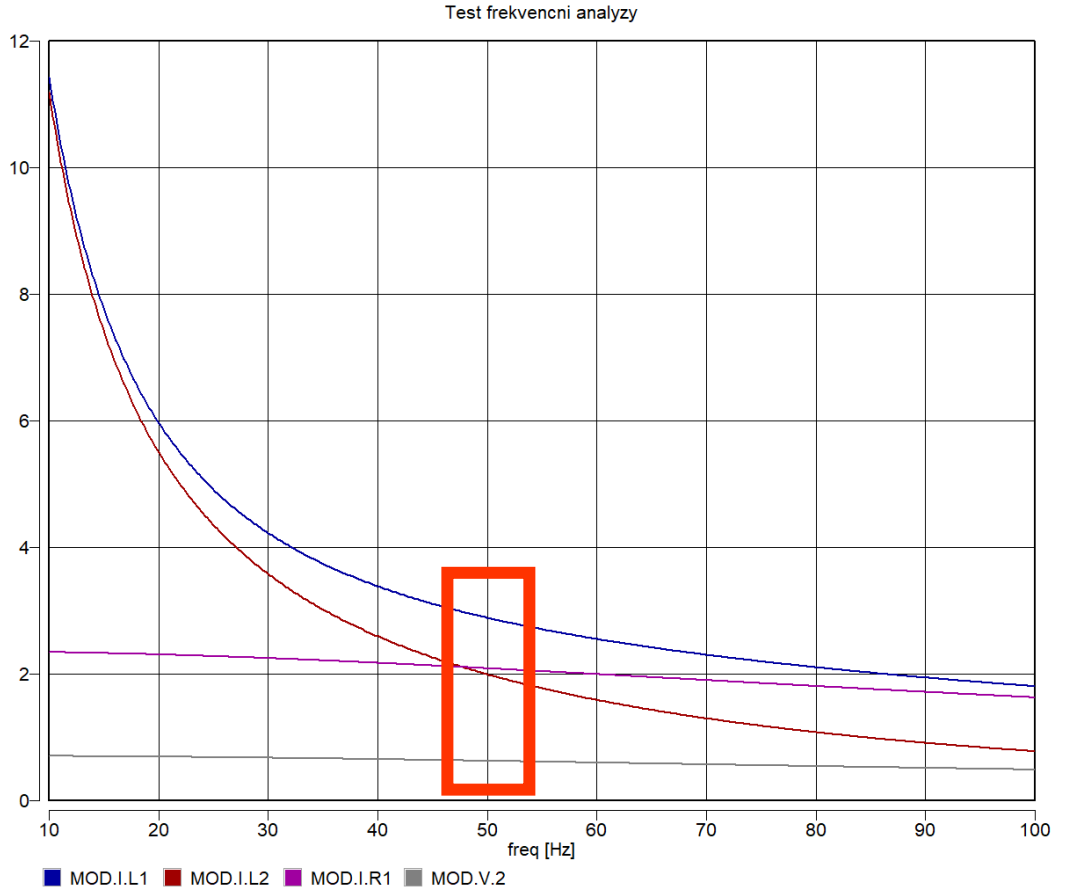




# Analýza ustáleného harmonického obvodu

## # Test frekvencni analyzy

X ... freq [Hz]  
 1 ... MOD.I.L1  
 2 ... DEG.I.L1  
 3 ... MOD.I.L2  
 4 ... DEG.I.L2  
 5 ... MOD.I.R1  
 6 ... DEG.I.R1  
 7 ... MOD.V.2  
 8 ... DEG.V.2



X

1

2

3

4

5

6

7

8

5.000000e+001

2.887248e+000

2.886842e+002

1.993994e+000

2.423635e+002

2.088106e+000

3.323635e+002

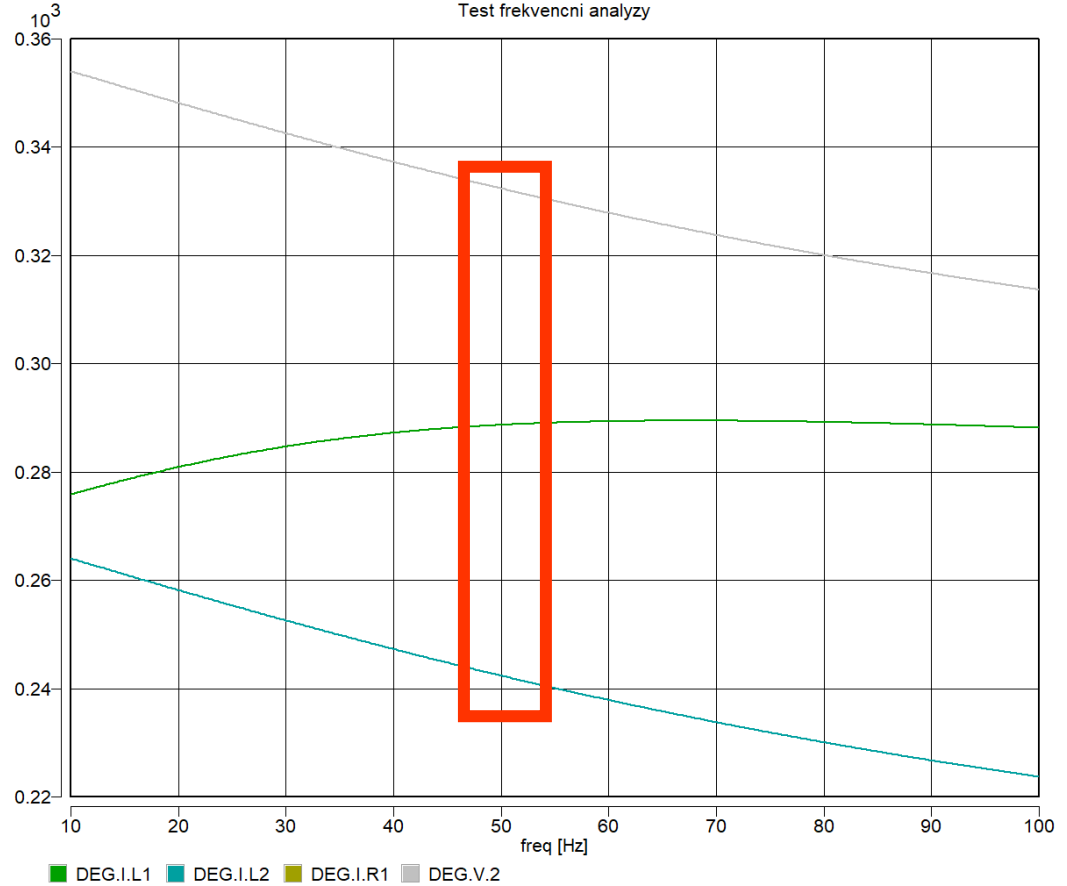
6.264317e-001

3.323635e+002

# Analýza ustáleného harmonického obvodu

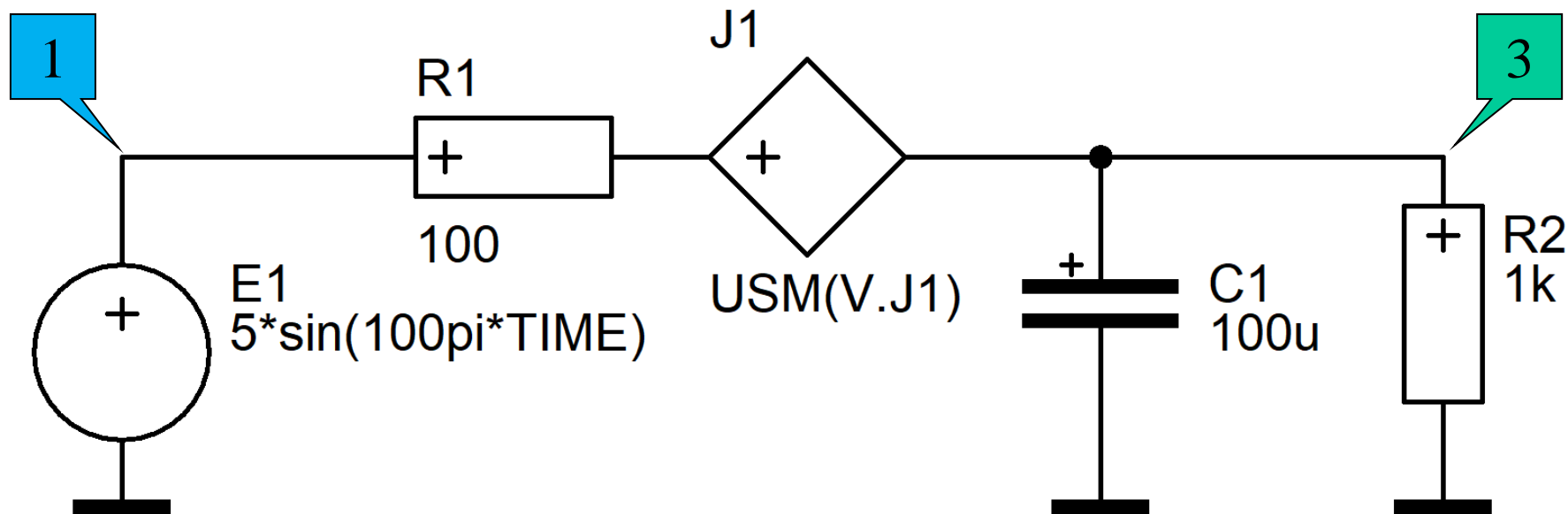
## # Test frekvencni analyzy

X ... freq [Hz]  
 1 ... MOD.I.L1  
 2 ... DEG.I.L1  
 3 ... MOD.I.L2  
 4 ... DEG.I.L2  
 5 ... MOD.I.R1  
 6 ... DEG.I.R1  
 7 ... MOD.V.2  
 8 ... DEG.V.2

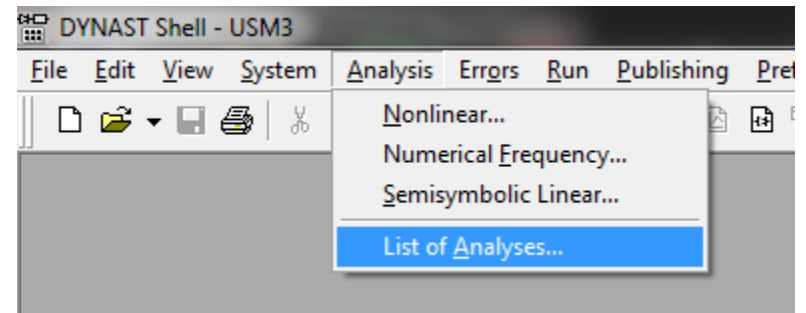
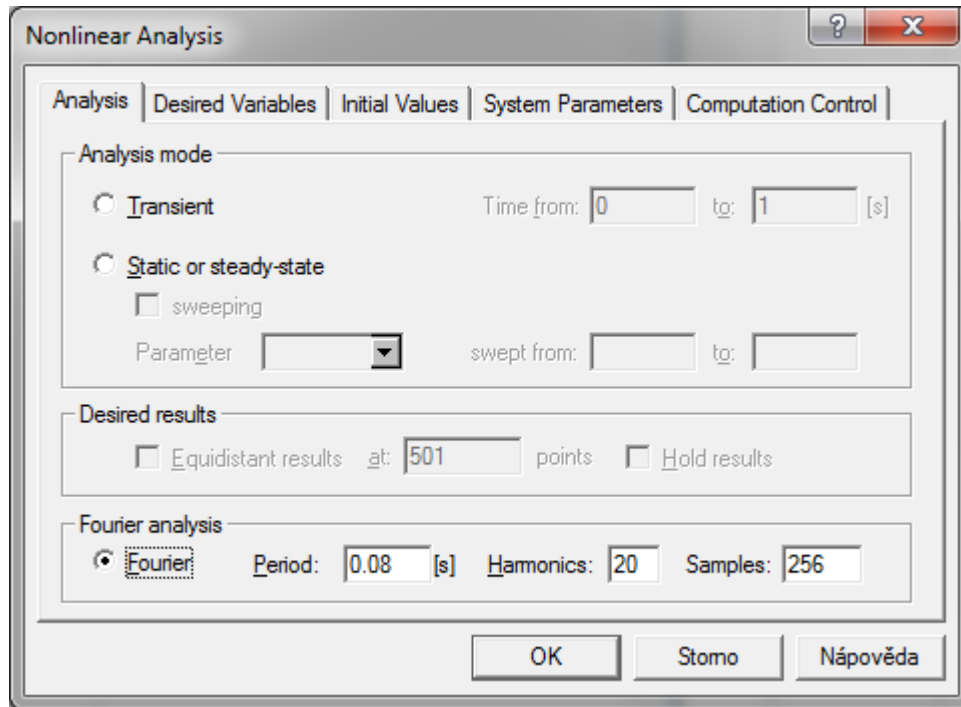


| X             | 1             | 2                    | 3             | 4                    |
|---------------|---------------|----------------------|---------------|----------------------|
|               | 5             | 6                    | 7             | 8                    |
| 5.000000e+001 | 2.887248e+000 | <u>2.886842e+002</u> | 1.993994e+000 | <u>2.423635e+002</u> |
|               | 2.088106e+000 | <u>3.323635e+002</u> | 6.264317e-001 | <u>3.323635e+002</u> |

# Frekvenční analýza usměrňovače



# Frekvenční analýza usměrňovače



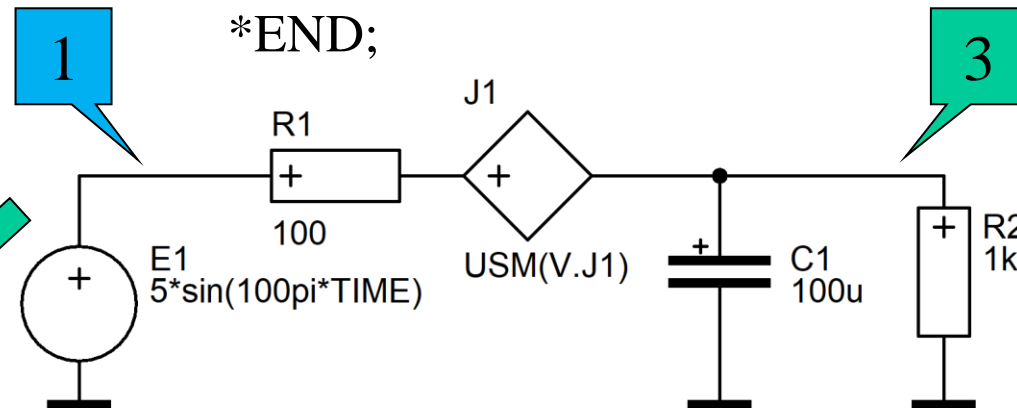
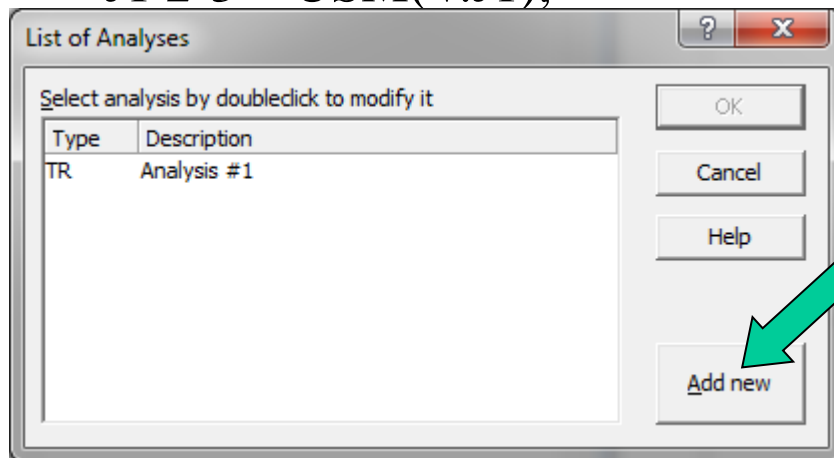
RUN;

FOUR 0.08, 20, 256;

PRINT V.1, V.3;

RUN;

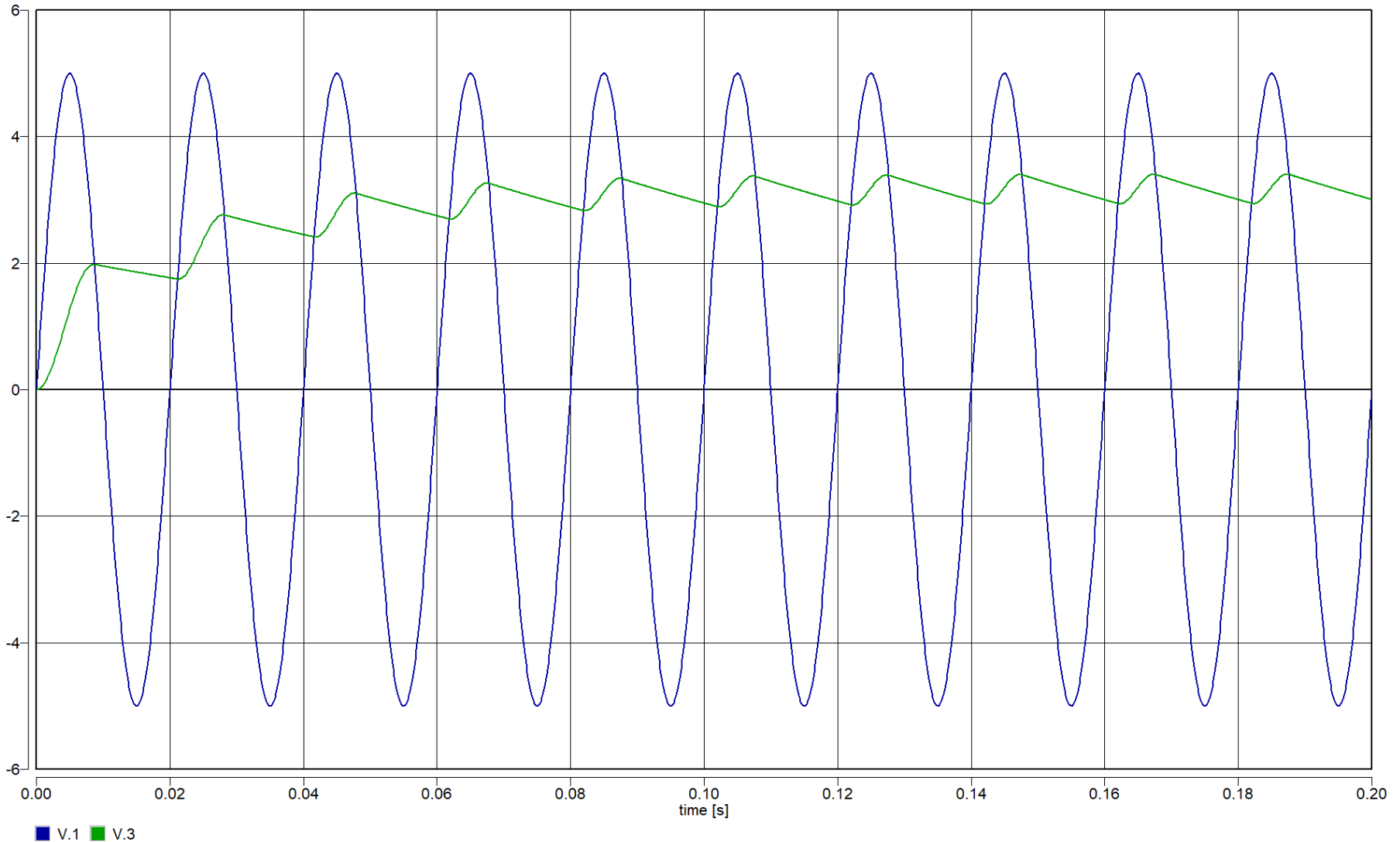
\*END;



# Frekvenční analýza usměrňovače

Celý přechodný děj

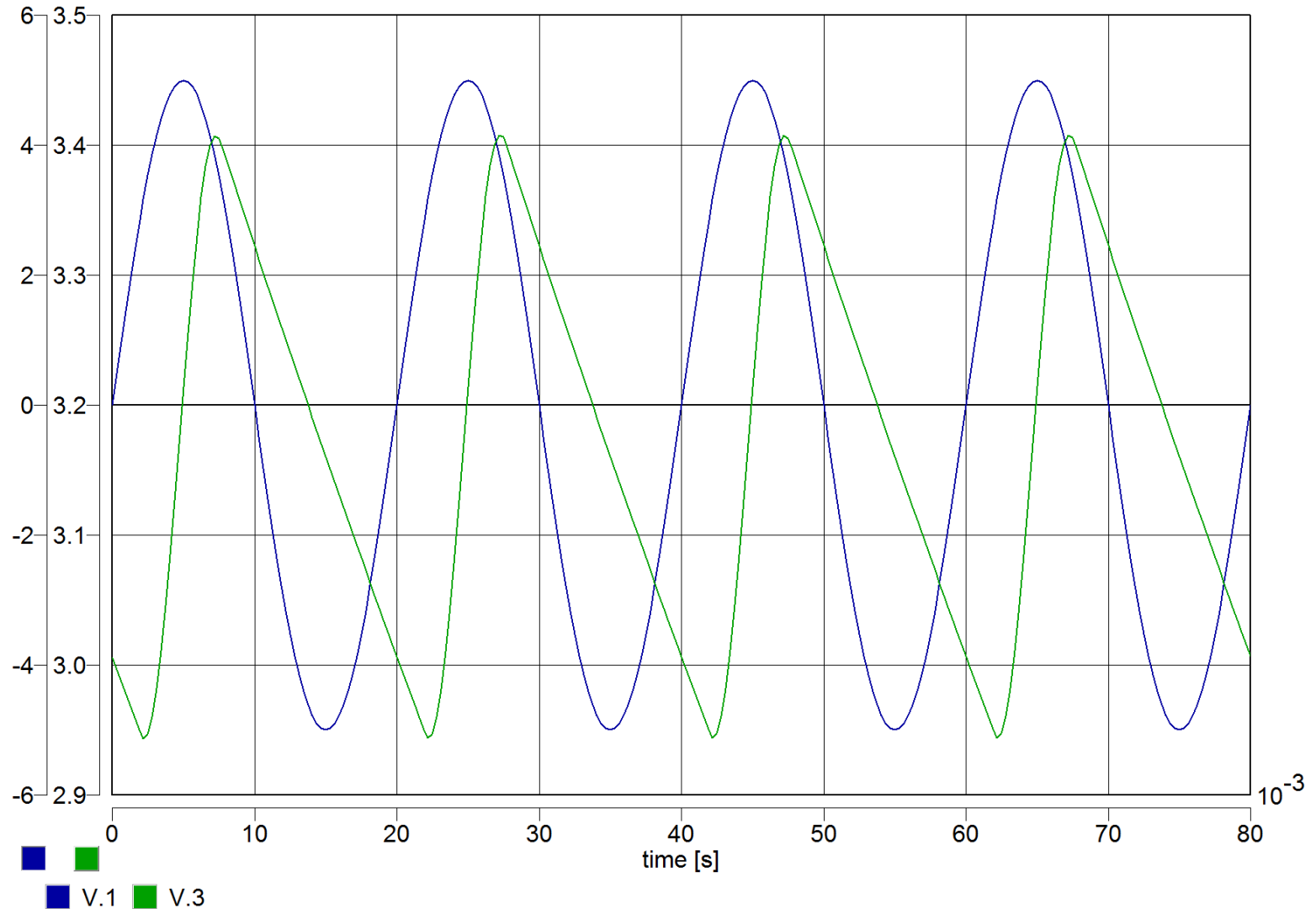
Fourierova analýza usměrňovače



# Frekvenční analýza usměrňovače

Analyzovaný signál – perioda 0.08 sec

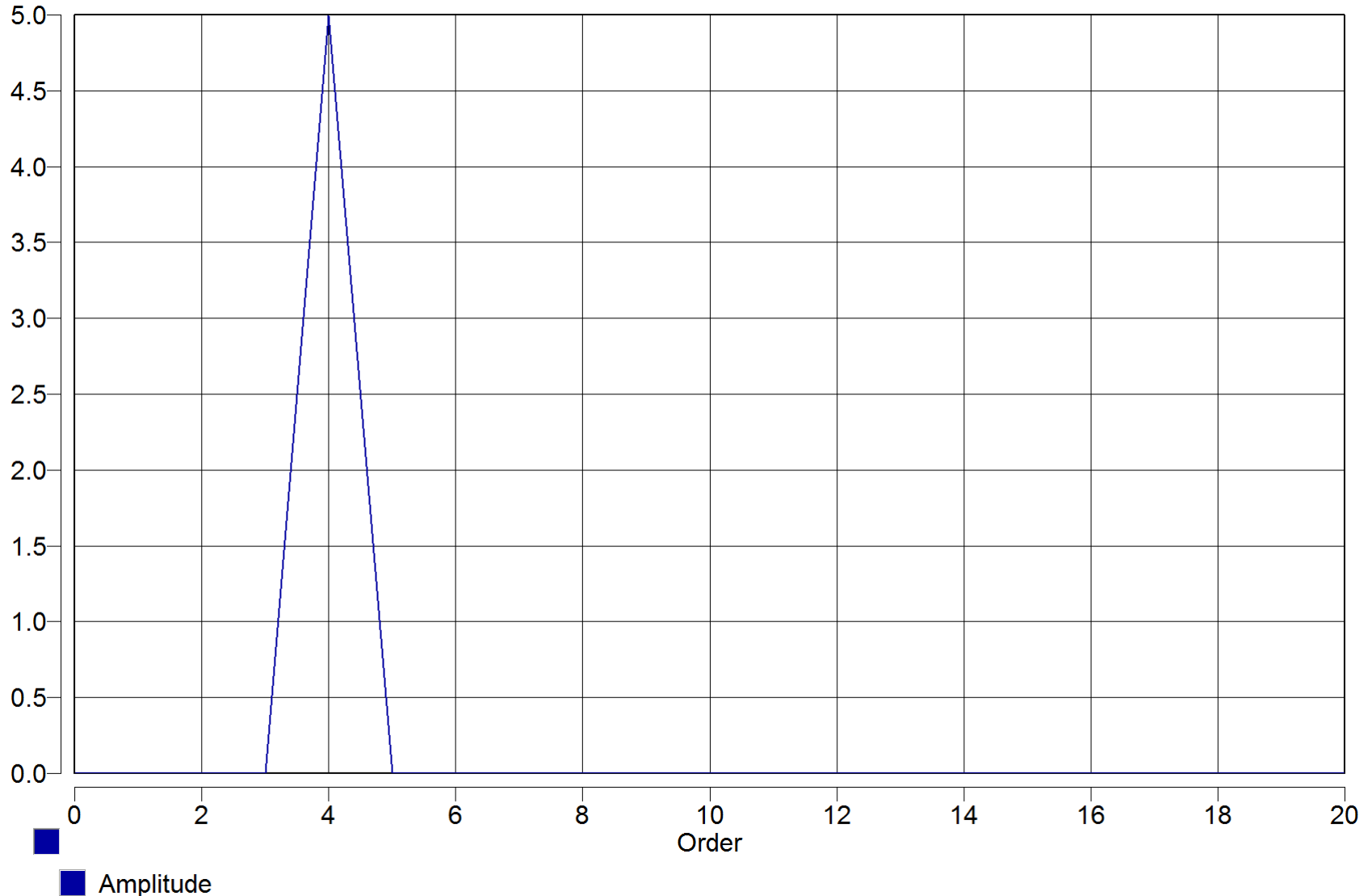
Fourierova analiza usmernovace



# Frekvenční analýza usměrňovače

Fourierova analýza napětí v bodě „1“

Fourier analysis of V.1:



# Frekvenční analýza usměrňovače

Fourierova analýza napětí v bodě „3“

Fourier analysis of V.3:

