

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

David Jucha

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra informatiky

Sada výukových programů a jejich řízení pro  
předmět Technika vysokých napětí

A Set of Teaching Programmes and Their Processing  
for the Subject High Voltage Equipment

2012

David Jucha

## Zadání bakalářské práce

Student: **David Jucha**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R025 Informatika a výpočetní technika

Téma: Sada výukových programů a jejich řízení pro předmět Technika vysokých napětí  
A Set of Teaching Programmes and Their Processing for the Subject High Voltage Equipment

### Zásady pro vypracování:

Na Fakultě elektrotechniky a informatiky se v rámci výuky v předmětu Technika vysokých napětí používají výpočty a zobrazení výsledků některých elektrických dějů. Dosavadní implementaci jednotlivých výukových programů v OS DOSu je nutno zpracovat znovu ve vhodném uživatelském prostředí a doplnit ji o některé nové funkce.

1. Seznamte se detailně s existujícími programy CASTECNE.EXE, KONCOVKA.EXE a JEVY.EXE a jejich funkcemi.
2. Seznamte se s novými požadavky na výukový systém.
3. Proveďte analýzu nových požadavků a jejich začlenění do struktury dat a funkcí systému.
4. Implementujte v prostředí Delphi řídicí program systému a všechny původní i nové funkce systému. Uživatelské prostředí navrhňte vysoce intuitivní a doplňte k jednotlivým funkcím podrobné návody pro zadávání dat i použité metody výpočtu.
5. Pro výukový systém zpracujte uživatelskou a programátorskou dokumentaci.

### Seznam doporučené odborné literatury:

Existující programy CASTECNE, KONCOVKA a JEVY v jazyce Pascal pod OS DOS.  
Mach, V.: Technika vysokých napětí. Skriptum VŠB-TU  
Dále dle pokynů zadavatele a vedoucí bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

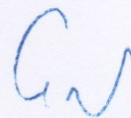
Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Jana Šarmanová, CSc.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Dr. Ing. Eduard Sojka  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

# Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravici dne 4.5.2012

*David Jucha*

David Jucha



# Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce paní doc. RNDr. Janě Šarmanové za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této práce.

Také bych chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Věslavu Machovi jakožto garantovi předmětu Technika vysokého napětí, pro který jsem vytvářel zadané programy, za pomoc, cenné rady a připomínky.

# Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá tvorbou programů pro podporu výuky předmětu Technika vysokého napětí. V tomto předmětu se programy využívají k výpočtům a zobrazení výsledků elektrických dějů. Stávající verze programů, které byly implementovány v jazyce Pascal pro operační systém MS-DOS, jsou již zastaralé a fungují pouze přes emulátor, který si musel každý uživatel před jejím použitím nainstalovat, což bylo velmi nepraktické.

Dále se zabývá volbou vhodného vývojového prostředí a později i samotnou implementací programů. Součástí práce je také tvorba nového grafického uživatelského rozhraní, které je dnes již samozřejmostí u každého moderního programu.

## Klíčová slova

Technika vysokého napětí, výukový program, graf, Delphi, částečné výboje, rázové jevy, kabelová koncovka

## Abstract

This bachelor thesis specializes in creation of programs to support teaching the subject High Voltage Equipment. In this course, the programs are used to calculate and display the results of electrical phenomena. The current versions of programs that were implemented in Pascal for MS-DOS operating system are already outdated, and they work only via an emulator, which had to each user before using it to install, which was very inconvenient.

It also deals with selection of a suitable implementation environment and later implementation of programs. The work also includes creating a new graphical user interface that is now included in every modern program.

## Key words

High voltage equipment, teaching program, graph, Delphi, partial discharges, shock phenomena, termination

## Seznam použitých symbolů a zkratek

C#	C Sharp
CD	Kompaktní disk (Compact disc)
EXE	Formát spustitelného souboru (executable)
IDE	Vývojové prostředí (Integrated development environment)
MS	Microsoft
OS	Operační systém
$U$ [V]	Elektrické napětí
$I$ [A]	Elektrický proud
$C$ [F]	Elektrická kapacita
$d$ [m]	Průměr
$g$ [-]	Vodivost
$E$ [V/m]	Intenzita elektrického pole
$k$ [-]	Koeficient výroby
$L, D$ [m]	Délka
$L$ [H]	Indukčnost
$C$ [F]	Příčná kapacita
$K$ [F]	Podélná kapacita
$t$ [s]	Čas

# Seznam tabulek

Tabulka 1: Omezení parametrů kabelové koncovky.....	18
Tabulka 2: Omezení parametrů rázových jevů.....	27



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Graf průběhu napětí.....	3
Obrázek 2: Kabelová koncovka.....	5
Obrázek 3: Delphi IDE.....	13
Obrázek 4: Spustitelné soubory jednotlivých programů.....	14
Obrázek 5: GUI programu Částečné výboje.....	15
Obrázek 6: Chyba zadávaného zapalovacího napětí $U_z$ .....	15
Obrázek 7: Ukázka výstupu programu.....	16
Obrázek 8: GUI programu Kabelová koncovka.....	18
Obrázek 9: Chybná hodnota koeficientu výroby.....	19
Obrázek 10: Vykreslená demo koncovka.....	19
Obrázek 11: Desetkrát zvětšená demo koncovka.....	20
Obrázek 12: Desetkrát zmenšená demo koncovka.....	20
Obrázek 13: Dialog pro uložení koncovky.....	21
Obrázek 14: Ukázka výstupu programu Kabelová koncovka.....	21
Obrázek 15: GUI programu Rázové jevy.....	25
Obrázek 16: Výstup obsahující dva grafy s izolovaným koncem.....	26
Obrázek 17: Výstup obsahující dva grafy s uzemněným koncem.....	26
Obrázek 18: Chybná hodnota podélné kapacity.....	27
Obrázek 19: Ukázka výstupu programu Rázové jevy.....	28

# Obsah

1. Úvod.....	2
2. Funkční požadavky.....	3
2.1. Program Částečné výboje.....	3
2.2. Program Kabelová koncovka.....	4
2.3. Program Rázové jevy.....	6
3. Nefunkční požadavky.....	9
4. Analýza programů.....	10
4.1. Částečné výboje.....	10
4.2. Kabelová koncovka.....	11
4.3. Rázové jevy.....	12
5. Implementace.....	13
5.1. Vývojové prostředí Delphi.....	13
5.2. Popis funkcionality jednotlivých programů.....	14
5.2.1. Obecně ke všem programům.....	14
5.2.2. Program Částečné výboje.....	14
5.2.3. Program Kabelová koncovka.....	17
5.2.4. Program Rázové jevy.....	24
6. Závěr.....	32

# 1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá novou implementací sady výukových programů pro předmět Technika vysokého napětí, který je součástí studijního plánu oboru Elektroenergetika vyučovaného na Fakultě elektrotechniky a informatiky Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Jedná se tedy o tři programy a to: CASTECNE.EXE, KONCOVKA.EXE a JEVY.EXE. Program CASTECNE.EXE využívají studenti pro grafické zobrazení částečných výbojů. Program KONCOVKA.EXE slouží studentům pro návrh kabelové koncovky. Program JEVY.EXE používají studenti pro analýzu rázových jevů ve vinutích.

Stávající verze těchto programů jsou již velice zastaralé. Byly implementovány v programovacím jazyce Pascal a primárně určeny pro operační systém MS-DOS. Aby vůbec fungovaly na systémech Microsoft Windows XP, musel se využívat emulační software, což nebylo příliš praktické.

Hlavním úkolem tedy bylo zvolit vhodné vývojové prostředí pro novou implementaci těchto tří programů. Dále bylo potřeba vytvořit nové grafické uživatelské rozhraní a také doimplementovat některé nové funkce, které staré verze programů neměly.

Jelikož naše univerzita patří do evropského programu Erasmus, navštěvují ji tedy studenti z velké části Evropy. Tady vznikl další požadavek, a to vytvořit anglické jazykové verze všech tří programů, jelikož studenti Erasmu komunikují převážně v anglickém jazyce.

Samozřejmostí je vytvořit také programátorskou a uživatelskou dokumentaci.

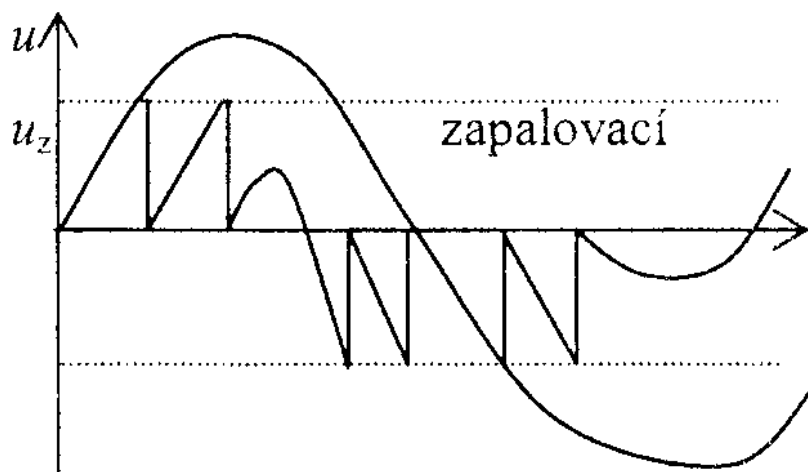
## 2. Funkční požadavky

Funkční požadavky jsou rozepsány níže v jednotlivých podkapitolách náležících jednotlivým programům. U anglických jazykových verzí programů jsou požadavky shodné s českými a proto zde nejsou uvedeny.

Jako hlavní zdroje teorie byla použita skripta k předmětu Technika vysokého napětí [1], zdrojové kódy stávajících verzí programů CASTECNE.EXE, KONCOVKA.EXE a JEVY.EXE napsané v jazyce Pascal pro OS MS-DOS a jako poslední zdroj byla osobní konzultace se zadavatelem bakalářské práce, se kterým se konzultovaly veškeré nové funkce programů.

### 2.1. Program Částečné výboje

U programu Částečné výboje se vykreslují souběžně dva grafy v jednom - jeden pro proud a druhý pro napětí. Pro proud při zadání hodnoty zapalovacího napětí  $U_z = 10V$  dosahuje tvaru grafu funkce kosinus, a pro napětí dosahuje tvaru funkce sinus. Při zadání nižší hodnoty zapalovacího napětí  $U_z$ , kdy napětí  $U$  přesáhne tuto hodnotu, dojde k vybití kondenzátoru a tím i zlomu ve vykreslované funkci, poté opět začne napětí narůstat. Zlom přerušuje funkci sinus a ta bude pokračovat ve vykreslování od nuly. Tento jev se většinou opakuje několikrát za sebou. K podobnému jevu dochází i v grafu pro proud, kde ve stejných intervalech jako u napětí bude docházet ke zlomům. U proudu mají tyto zlomy opačný směr, tudíž proud neklesne, ale stoupne. Na ukázkový graf se můžete podívat na obrázku 1. Více o částečných výbojích se můžete dočíst v [1] nebo [2].



Obrázek 1: Graf průběhu napětí

1. Program bude mít stejnou funkcionalitu jako jeho předchozí verze – bude umět ze zadané hodnoty zapalovacího napětí  $U_z$  vykreslit graf průběhu proudu a napětí. Při startu programu bude na zvláštní oblasti vykresleno schéma elektrického obvodu.
2. Program bude obsahovat nový systém hlášení chyb.
3. Program bude obsahovat nové uživatelské rozhraní.
4. Uživatelské rozhraní bude obsahovat:
  - Oblast pro vykreslení grafu.
  - Vstupní pole pro hodnotu zapalovacího napětí  $U_z$ .
  - Uživatelskou možnost „Vykresli“ pro vykreslení grafu.
  - Uživatelskou možnost „Konec“ pro ukončení programu.
5. Program bude umět po zadání hodnoty  $U_z$  a následném stisknutí klávesy Enter vykreslovat graf.
6. Program bude vytvořen v české a anglické jazykové verzi.

## 2.2. Program Kabelová koncovka

Program Kabelová koncovka má za úkol vymodelovat dle zadaných parametrů (průměr  $d_1$ , průměr  $d_2$ , poměr vodivostí  $g = g_2 / g_1$ , jmenovité napětí  $U_o$ , axiální intenzita  $E_a$ , intenzita na povrchu  $E_f$ , koeficient výroby  $k$ ) tvar kabelové koncovky. Tvar koncovky není možné určit bez níže uvedených vztahů - jsou nezbytně nutné při implementaci programu. Po vypočtení všech hodnot těchto vztahů a hodnot zadaných uživatelem bude program moci pokračovat vykreslením koncovky. Zdrojový kód programu bude muset obsahovat koeficient velikosti, aby vykreslovaná koncovka nebyla příliš velká a nevykreslila se mimo obrazovou oblast. Na obrázku 2 je schéma koncovky se všemi potřebnými veličinami. O dalších informacích o koncovce, o návrhu jejího tvaru a platných vztazích se zabývají kapitoly v [1].

$$r_1 = \frac{d_1}{2} \quad r_2 = \frac{d_2}{2} \quad g = \frac{g_2}{g_1}$$

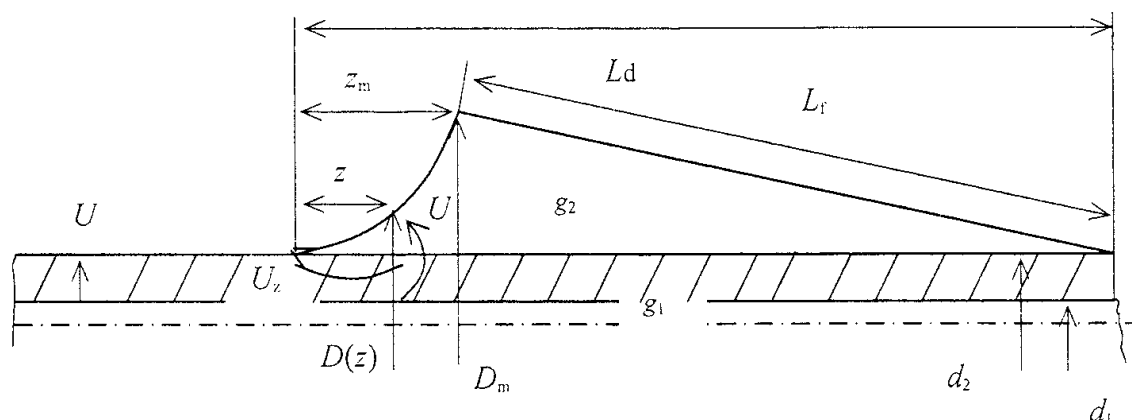
$$z_m = (1 - k) \cdot \frac{U_o}{E_a}$$

$$L_f = U_o / E_f$$

$$L_d = z_m + \sqrt{L_f^2 - \frac{(D_m - d_2)^2}{4}}$$

$$D_m = d_2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^{\frac{g_2 \cdot 1 - k}{g_1}}$$

$$D = d_2 \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^{g_1 \frac{1}{E_a z} - 1}$$



Obrázek 2: Kabelová koncovka

1. Program bude mít stejnou funkcionalitu jako jeho předchozí verze – bude umět vykreslit tvar kabelové koncovky ze zadaných hodnot průměru  $d_1$ , průměru  $d_2$ , poměru vodivostí  $g = g_2 / g_1$ , jmenovitého napětí  $U_o$ , axiální intenzity  $E_a$ , intenzity na povrchu  $E_f$  a koeficientu výroby  $k$ . K vykreslené koncovce dále vykreslí názvy těchto veličin, jejich značky, hodnoty a jednotky. Taktéž bude umět vykreslit ukázkovou demo koncovku s předem nadefinovanými parametry. Z původní verze bude odstraněna možnost „koncovka pro tisk“, která umožňovala invertovat vykreslené barvy, protože v nové verzi bude vykreslená koncovka již invertovaná a nebude potřeba koncovku zpětně invertovat. Zachovány zůstanou také funkce pro zmenšení a zvětšení poměru, které umožňovaly měnit poměr vykreslené koncovky.

Stávající verze bude doplněna o:

- Funkci „Kopírování do schránky“ počítače.
  - Funkci „Uložit jako“, která dokáže uložit vykreslenou koncovku na disk počítače.
2. Program bude obsahovat nové uživatelské rozhraní.
  3. Uživatelské rozhraní bude obsahovat:
    - Oblast pro vykreslení koncovky.

- Vstupní pole pro hodnotu:
    - průměru  $d_1$ ,
    - průměru  $d_2$ ,
    - poměru vodivosti  $g = g_2 / g_1$ ,
    - jmenovitého napětí  $U_0$ ,
    - axiální intenzity  $E_a$ ,
    - intenzity na povrchu  $E_f$ ,
    - koeficientu výroby  $k$ .
  - Uživatelskou možnost „Zvětšit“ pro zvětšení poměru vykreslované koncovky.
  - Uživatelskou možnost „Zmenšit“ pro zmenšení poměru vykreslované koncovky.
  - Uživatelskou možnost „Vykresli demo koncovku“ pro vykreslení výchozí koncovky.
  - Uživatelskou možnost „Vykresli koncovku“ pro vykreslení koncovky ze zadaných parametrů.
  - Uživatelskou možnost „Kopírovat do schránky“ pro kopírování do schránky počítače.
  - Uživatelskou možnost „Uložit jako...“ pro uložení vykreslené koncovky jako obrázku na disk počítače.
  - Uživatelskou možnost „Konec“ pro ukončení programu.
4. Program bude obsahovat nový systém chybových hlášek.
  5. Program bude vytvořen v české a anglické jazykové verzi.

## 2.3. Program Rázové jevy

Program Rázové jevy má za úkol ze zadaných parametrů (indukčnost  $L$ , příčná kapacita  $C$ , podélná kapacita  $K$ ) a dalších uživatelských voleb vykreslit zvolené grafy. Uživatel si bude moci vybrat graf se závislostí  $u(t)$  nebo  $u(x)$  a z izolovaného respektive uzemněného konce cívky. Každý z vybraného typu grafu bude ještě potřebovat zadat doplňkové hodnoty a poté se graf vykreslí. Všechny grafy se budou řídit níže uvedenými vztahy, které jsou nezbytné pro implementaci programu. Všechny vztahy a jejich odvození nalezneme v [1]. Po vypočtení všech hodnot těchto vztahů a hodnot zadaných uživatelem bude program moci pokračovat vykreslením požadovaného grafu. Více o rázových jevech se můžete dočíst v [1] nebo [2].



$$\gamma = \sqrt{\frac{C}{K}} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$u_k = 1 - x/l$$

$$u_0 = \frac{\sinh \gamma(l - x)}{\sinh \gamma l}$$

$$E_0 = \frac{\gamma \cosh \gamma(l - x)}{\sinh \gamma l}$$

$$\alpha_v = \frac{v \cdot \pi}{l}$$

$$u_0 = \frac{\cosh \gamma(l - x)}{\cosh \gamma l}$$

$$\alpha_v = \frac{2v - 1}{2l} \cdot \pi$$

$$u = U \cdot \sin \alpha x \cdot \cos \omega t$$

$$\omega = \frac{\alpha}{\sqrt{LC \cdot \left(1 + \frac{K}{C} \cdot \alpha^2\right)}}$$

1. Program bude mít stejnou funkcionalitu jako jeho předchozí verze, bude umět ze zadaných hodnot indukčnosti  $L$ , příčné kapacity  $C$ , podélné kapacity  $K$  a následné volbě mezi izolovaným a uzemněným koncem cívky a volbě mezi závislostmi  $u(t)$  a  $u(x)$  po zadání doplňkových hodnot  $x$ ,  $t_{\min}$ ,  $t_{\max}$  respektive zadáním hodnoty „V čase“  $t$ , vykreslit graf s těmito předem nadefinovanými vlastnostmi. U takto vykresleného grafu budou vykresleny maximální hodnoty  $x$ ,  $u$  a hodnota  $t$  nebo maximální hodnoty  $t$ ,  $u$  a hodnota  $x$ . Také zůstane zachována funkce pro výpočet hodnoty gama a funkce pro smazání vykresleného grafu.

Stávající verze bude doplněna o:

- Změnu poměru grafu (aby graf nezasahoval mimo oblast pro vykreslení grafu).
  - Funkci „Kopírování do schránky“ počítače.
  - Funkci „Uložit jako“, která dokáže uložit vykreslenou koncovku jako obrázek na disk počítače.
  - Funkci „Vymazat“ pro vymazání již vykresleného grafu.
2. Program bude obsahovat nové uživatelské rozhraní.
  3. Uživatelské rozhraní bude obsahovat:

- Oblast pro vykreslení grafu.
  - „GroupBox“ s názvem „Hodnoty“, který bude obsahovat:
    - vstupní pole pro hodnotu indukčnosti  $L$ ,
    - vstupní pole pro hodnotu příčné kapacity  $C$ ,
    - vstupní pole pro hodnotu podélné kapacity  $K$ ,
    - pole jen pro čtení s vypočtenou hodnotou  $\gamma$ .
  - „GroupBox“ s názvem „Volba 1“, který bude obsahovat:
    - přepínač pro volbu mezi izolovaným a uzemněným koncem.
  - „GroupBox“ s názvem „Volba 2“, který bude obsahovat:
    - přepínač pro volbu mezi závislostí  $u(t)$  a závislostí  $u(x)$ .
  - „GroupBox“ s názvem „Volba 3“, který bude obsahovat:
    - Při zvolení závislosti  $u(t)$  z „Volba 2“:
      - vstupní pole pro hodnotu  $x$ ,
      - vstupní pole pro hodnotu času  $t_{\min}$ ,
      - vstupní pole pro hodnotu času  $t_{\max}$ .
    - Při zvolení závislosti  $u(x)$  z „Volba 2“:
      - vstupní pole pro hodnotu času.
  - Uživatelskou možnost „Kopírovat do schránky“ pro kopírování do schránky počítače.
  - Uživatelskou možnost „Uložit jako...“ pro uložení vykreslené koncovky jako obrázku na disk.
  - Uživatelskou možnost „Vykresli“ pro vykreslení grafu ze zadaných parametrů.
  - Uživatelskou možnost „Vymaž“ pro vymazání již vykresleného grafu.
  - Uživatelskou možnost „Konec“ pro ukončení programu.
4. Program bude obsahovat nový systém chybových hlášek.
  5. Program bude vytvořen v české a anglické jazykové verzi.

### 3. Nefunkční požadavky

Nefunkční požadavky byly pro všechny programy stejné, proto jsou níže uvedeny souhrnně pro všechny vytvářené programy. Nefunkčními požadavky pro všechny programy tedy jsou:

- Programy budou vytvořeny ve vývojovém prostředí Delphi.
- Programy nebudou příliš náročné na paměť a výpočetní výkon počítače.
- Programy budou spustitelné na operačních systémech Windows verze XP a novější.
- Programy nebudou potřebovat k běhu žádný emulační software či jiný podpůrný software.
- Programy nebudou vyžadovat instalaci, budou vytvořeny jako jednoduché spustitelné (.exe) soubory.

## 4. Analýza programů

V této kapitole a jejich podkapitolách se zaměřím na prvotní analýzu všech tří programů. Následující řádky budou pro všechny tři programy společné, samotné podkapitoly se pak věnují jednotlivým programům.

Všechny tři programy budou mít na pohled jednotné provedení grafického uživatelského rozhraní, jelikož každý program bude potřebovat oblast pro vykreslení grafu či tvaru koncovky. Napravo od této oblasti budou vždy umístěny ovládací a vizuální prvky programu. Jedná se o vstupní pole, tlačítka, popisky, pomocná schémata a další. Sjednoceny budou také typy a velikosti písem, dodržující pravidla pro tvorbu GUI a normu pro zápis fyzikálních veličin. Po domluvě se zadavatelem bude každý program vytvářen jednotlivě, tudíž se nebude jednat o jeden program obsahující tři podprogramy, ale o tři samostatné programy. Tyto programy budou na výstupu jako spustitelný soubor (.exe). Jako další společný rys programů bude to, že budou obsahovat vždy jen jeden formulář, na kterém budou umístěny ostatní komponenty. Taktéž budou všechny obsahovat metodu *FormCreate*, ve které se budou inicializovat potřebné prvky. Společná bude také metoda *vypisChybu*, ve které se bude připravovat chybová hláška pro výpis chyby. Všechny programy budou obsahovat metody reagující na kliknutí na ovládací prvky.

### 4.1. Částečné výboje

Napravo od oblasti pro vykreslení grafu bude potřeba umístit tyto ovládací a vizuální prvky: nadpis s názvem programu, schéma elektrického obvodu, popisek a pole pro vstupní hodnotu zapalovacího napětí  $U_z$ , dvě tlačítka „Vykresli“ a „Konec“.

U tohoto programu bude hlavní metoda přímo reagovat na stisk tlačítka „Vykresli“. V této metodě bude umístěn celý zdrojový kód pro vykreslení grafu. Obrazová oblast bude po vykreslení obsahovat dva grafy v jednom připomínající funkci sinus a kosinus, jeden pro napětí a druhý pro proud.

Další metoda probíhající při vytvoření samotného formuláře bude vykreslovat na oblast pro vykreslení grafu rámeček, osu grafu a podpis autora. Na oblast pro schéma vykreslí schéma elektrického obvodu s popisky.

Na přání zadavatele práce bude vytvořena metoda pro odchycení stisknuté klávesy při zadávání hodnoty zapalovacího napětí  $U_z$ . Tato metoda umožní, aby se pro vykreslení grafu dala používat klávesa „Enter“.

Metoda *vypisChybu* bude připravovat chybovou hlášku, která bude volána po zadání nesprávné hodnoty. Předpřipraví text „Chyba!“ do hlavičky okna a bude očekávat v parametru tělo chyby.

Na stisk tlačítka „Konec“ bude reagovat metoda, která ukončí běh programu.

## 4.2. Kabelová koncovka

U Kabelové koncovky budou napravo od oblasti pro vykreslení koncovky umístěny tyto vizuální a ovládací prvky: nadpis s názvem programu, popisky a pole pro vstupní hodnoty (průměru  $d_1$ , průměru  $d_2$ , poměru vodivosti  $g = g_2/g_1$ , jmenovitého napětí  $U_0$ , axiální intenzity  $E_a$ , intenzity na povrchu  $E_s$ , koeficientu výroby  $k$ ), sedm tlačítek („Vykresli demo koncovku“, „Vykresli koncovku“, „Zvětšit“, „Zmenšit“, „Kopírovat do schránky“, „Uložit jako...“, „Konec“).

Hlavní metoda tohoto programu bude obsahovat potřebné výpočty pro stanovení tvaru koncovky z výše uvedených parametrů podle vztahů uvedených v kapitole 2.2. Bude tak robustní, že bude obsahovat část kódu pro zvětšení a zmenšení poměru vykreslované koncovky a část kódu pro samotné vykreslení koncovky spolu s podpisem autora, výpisem zadaných a vypočtených hodnot na obrazovou oblast.

Metoda *FormCreate*, která bude probíhat při vytvoření formuláře, bude mít za úkol připravit obrazovou oblast na vykreslení grafu a poté vykreslí rámeček a podpis autora.

Metoda *vypisChybu* bude připravovat chybovou hlášku, která bude volána po zadání nesprávné vstupní hodnoty. Předpřipraví text „Chyba!“ do hlavičky okna a bude očekávat v parametru tělo chyby.

Dále bude program obsahovat obslužné metody reagující na stisk daných tlačítek. Pro tlačítka:

- „Vykresli demo koncovku“ – metoda nastaví všechny výše uvedené vstupní hodnoty na předem definovanou hodnotu a poté zavolá hlavní metodu pro vykreslení koncovky.
- „Vykresli koncovku“ – metoda ověří správnost zadaných hodnot a v případě správnosti zavolá hlavní metodu pro vykreslení koncovky. V případě zadání nesprávné hodnoty zavolá metodu *vypisChybu* s konkrétním parametrem.
- „Zvětšit“ – nastaví hodnotu booleanovské proměnné plus na hodnotu True a zavolá hlavní metodu programu.
- „Zmenšit“ – nastaví hodnotu booleanovské proměnné minus na hodnotu True a zavolá hlavní metodu programu.
- „Kopírovat do schránky“ – metoda zkopíruje vykreslenou koncovku jako obrázek do schránky počítače.
- „Uložit jako...“ – metoda otevře dialog pro uložení vykreslené koncovky jako obrázku na disk počítače.
- „Konec“ – metoda ukončí běh programu.

V závislosti na postup při vytváření koncovky budou možná vytvořeny i další drobné metody obstarávající několikrát opakované fragmenty kódu.

### 4.3. Rázové jevy

U tohoto programu budou napravo od oblasti pro vykreslení grafu umístěny tyto vizuální a ovládací prvky: nadpis s názvem programu, rámeček pro seskupení obsahující popisky a pole pro úvodní vstupní hodnoty (indukčnost  $L$ , příčná kapacita  $C$ , podélná kapacita  $K$ , gama), rámeček pro seskupení obsahující volbu mezi izolovaným a uzemněným koncem cívky, rámeček pro seskupení obsahující volbu mezi závislostmi  $u(t)$  a  $u(x)$ , rámeček pro seskupení obsahující popisky a pole pro doplňující vstupní hodnoty ( $x$ ,  $t_{\min}$ ,  $t_{\max}$  nebo čas  $t$ ) zpřístupněné v závislosti na předchozí volbě závislosti, pět tlačítek („Kopírovat do schránky“, „Uložit jako...“, „Vykresli“, „Vymaž“, „Konec“).

Jelikož program bude umět vykreslovat více typů grafů, je potřeba vytvořit metodu pro společné prvky. Dále pak dvě různé metody pro odlišné prvky, které budou volat společnou metodu a poté obsahovat vlastní kód. Ze stránky výpočtů a vztahů bude pro grafy vytvořena také společná metoda obsahující potřebné výpočty a vztahy z kapitoly 2.3..

Metoda *FormCreate*, která bude probíhat při vytvoření formuláře, bude mít za úkol připravit obrazovou oblast na vykreslení grafu či více grafů a vykreslí rámeček a podpis autora.

Metoda *vypisChybu* bude připravovat chybovou hlášku, která bude volána po zadání nesprávné vstupní hodnoty. Předpřipraví text „Chyba!“ do hlavičky okna a bude očekávat v parametru tělo chyby.

Dále bude program obsahovat obslužné metody reagující na stisk daných tlačítek. Pro tlačítko:

- „Kopírovat do schránky“ – metoda zkopíruje vykreslený graf jako obrázek do schránky počítače.
- „Uložit jako...“ – metoda otevře dialog pro uložení vykresleného grafu jako obrázku na disk počítače.
- „Vykresli“ – metoda načte zadané hodnoty, ověří jejich správnost a v případě správnosti rozhodne na základě uživatelem zvolených možností jaký typ grafu má vykreslit a poté jej vykreslí. V případě zadání nesprávné hodnoty zavolá metodu *vypisChybu* s konkrétním parametrem.
- „Vymaž“ – metoda vymaže obrazovou oblast, na které byl vykreslen graf.
- „Konec“ – metoda ukončí běh programu.

V závislosti na postup při vytváření jednotlivých metod budou možná vytvořeny i další drobné metody obstarávající několikrát opakované fragmenty kódu.

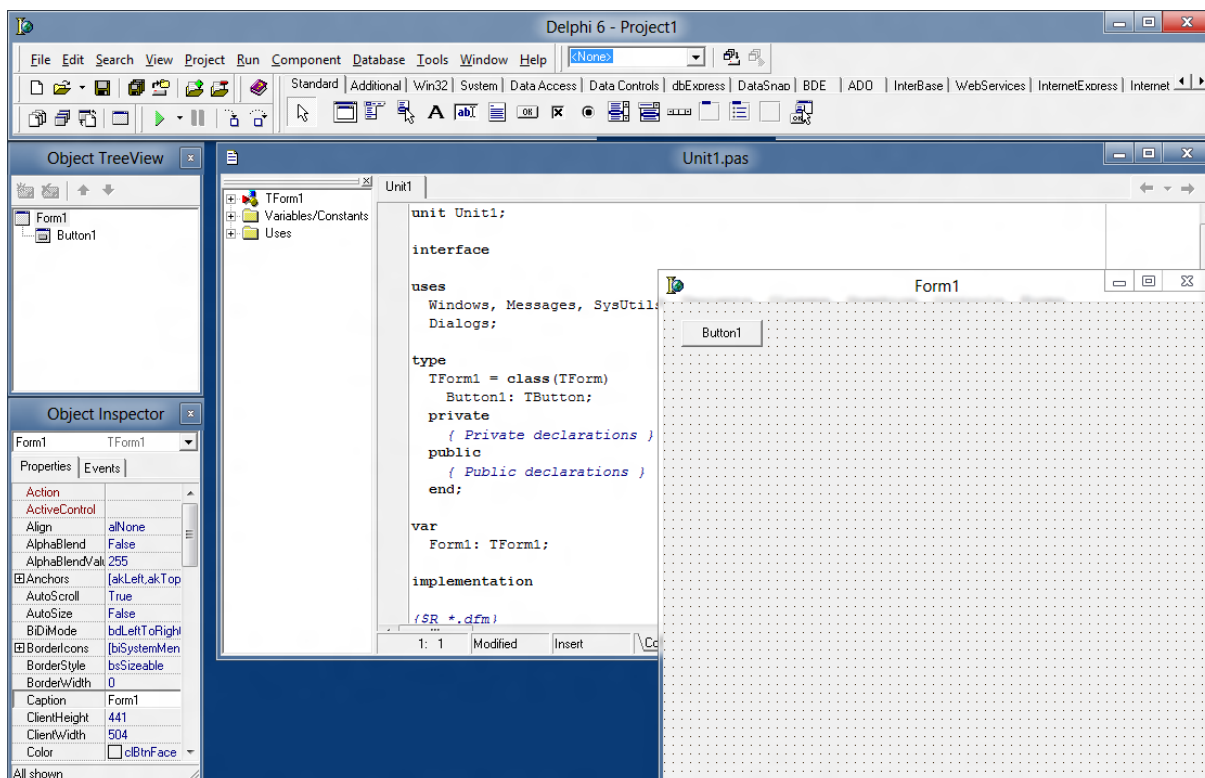
# 5. Implementace

V následující kapitole a jejich podkapitolách se budu věnovat popisu implementace programů, použitému vývojovému prostředí a popisu funkcionality jednotlivých programů.

## 5.1. Vývojové prostředí Delphi

Jeden z požadavků práce bylo použít pro implementaci programů vývojové prostředí Delphi, s jehož pomocí můžeme vytvářet aplikace pro Windows. Delphi IDE zvolna navazuje na použitý jazyk Pascal, kterým byly implementovány předchozí verze programů běžících na OS MS-DOS. Nicméně programy by šly naimplementovat ve všech moderních programovacích jazycích jako je například Java nebo C#.

Na obrázku 3 je zobrazeno základní grafické uživatelské prostředí Delphi. Více o Delphi se můžete dočíst v [3], [4] a [5].



Obrázek 3: Delphi IDE



## 5.2. Popis funkcionality jednotlivých programů

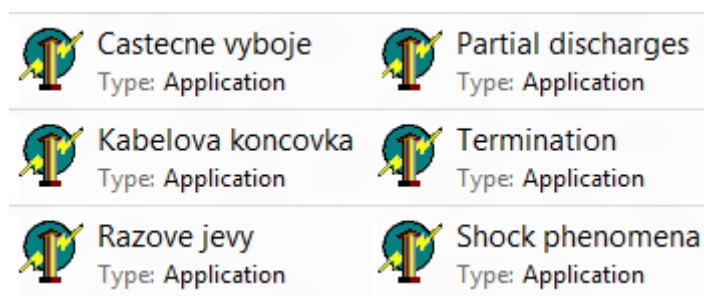
V následujících podkapitolách se budu věnovat popisu funkcionality jednotlivých programů, které jsem vytvořil. Jedná se tedy o programy Částečné výboje (Partial discharges), Kabelová koncovka (Termination) a Rázové jevy (Shock phenomena). V anglických verzích mají stejnou funkcionality, jako v českých.

Následující podkapitola je zaměřena pro všechny programy, proto je nutné si ji přečíst, další podkapitoly jsou pak určeny přímo pro jednotlivé programy.

U každého z programů je uveden přehled s názvy použitých komponent a použité procedury a funkce s krátkým popisem. Samotné těla procedur a funkcí obsahující zdrojové kódy jsou pak uvedeny v příloze č. 1. Všechny programy používají základní komponenty Delphi, které jsou vždy vloženy na jeden hlavní formulář. Žádný z programů neobsahuje více formulářů.

### 5.2.1. Obecně ke všem programům

Všechny programy jsou určeny pro operační systém Microsoft Windows ve verzích XP, Vista, 7 a nadcházející verzi 8. Programy se nemusí instalovat, jedná se o spustitelné .exe soubory, na které se můžete podívat na obrázku 4. Jakýkoliv program spustíte klikem či dvojklikem v závislosti na nastavení Windows nebo označením a stisknutím tlačítka Enter. V novějších verzích Windows (od verze Vista a novější) může po spuštění těchto programů vyskočit hláška s titulkem „Řízení uživatelských účtů“, zde stačí kliknout na tlačítko „Ano“ ke spuštění programu.



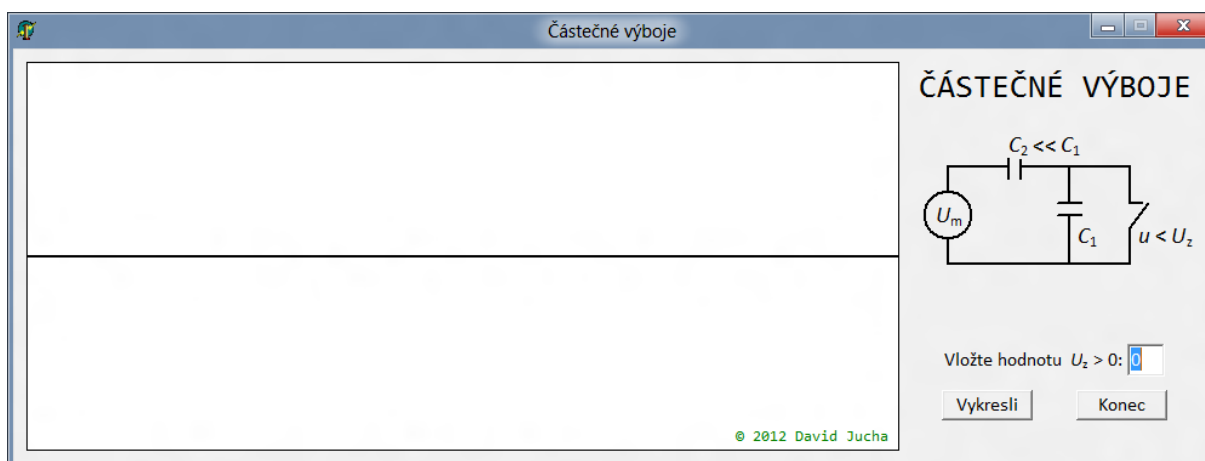
Obrázek 4: Spustitelné soubory jednotlivých programů

### 5.2.2. Program Částečné výboje

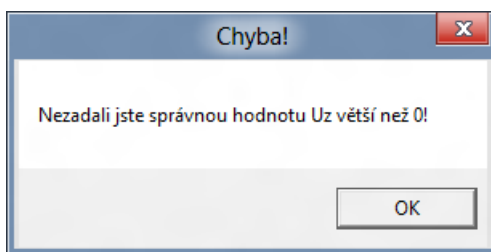
Na obrázku 5 se můžete podívat na grafické uživatelské rozhraní programu Částečné výboje. Obsahuje:

- oblast pro vykreslení grafu,
- schéma obvodu,
- vstupní pole pro hodnotu zapalovacího napětí  $U_z$ ,
- dvě tlačítka – pro vykreslení grafu a pro ukončení programu.

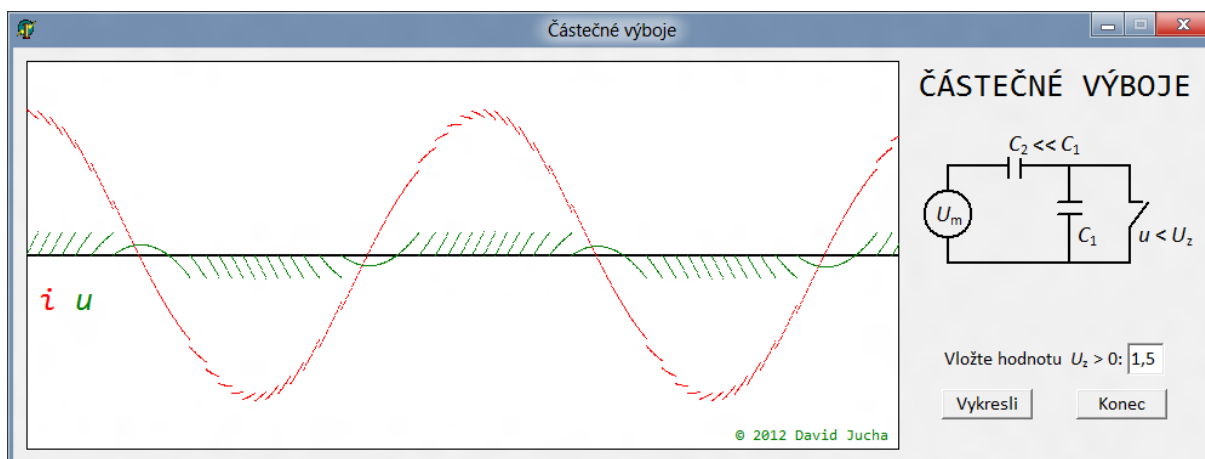
Hlavním úkolem tohoto programu je vykreslit ze zadané vstupní hodnoty zapalovacího napětí  $U_z$  a následném stisknutí klávesy Enter nebo tlačítka „Vykresli“ graf, který zobrazuje průběh proudu a napětí v dutince. Pokud uživatel nezadá správnou hodnotu zapalovacího napětí  $U_z$  větší než 0, program vypíše chybu zobrazenou na obrázku 6. Jako desetinný oddělovač může uživatel použít jak desetinnou tečku, tak i desetinnou čárku. Program umí pracovat s obojím. Na obrázku 7 je zobrazena ukázka výstupu programu odpovídající hodnotě zapalovacího napětí  $U_z = 1,5$  V. Ukončit program lze stisknutím tlačítka „Konec“ nebo stisknutím červeného křížku vpravo nahoře.



Obrázek 5: GUI programu Částečné výboje



Obrázek 6: Chyba zadávaného zapalovacího napětí  $U_z$



Obrázek 7: Ukázka výstupu programu

### Komponenty programu

Seznam použitých komponent, umístěných na formuláři, a jejich názvy s krátkým textovým vysvětlením:

- Button:
  - BtnKonec – tlačítko „Konec“ pro ukončení programu.
  - BtnVykresli – tlačítko „Vykresli“ pro vykreslení grafu.
- Edit
  - EditHodnota – vstupní pole pro hodnotu zapalovacího napětí  $U_z$ .
- Image
  - ImgGraf – obrazová oblast pro vykreslení grafu.
  - ImgSchema – obrazová oblast pro vykreslení el. obvodu.
- Label
  - LblHodnota1,2,3,4 – popisok obsahující text „Vložte hodnotu  $U_z > 0$ :“.
  - LblNadpis – popisok obsahující nadpis „ČÁSTEČNÉ VÝBOJE“.

### Procedura vypisChybu

Procedura připravuje chybovou hlášku. Připraví text „Chyba!“ jako hlavičku okna. Volá se s parametrem, kde dostává jen samotné tělo chyby.

### **Procedura FromCreate**

Při spuštění programu (při vytvoření formuláře) se spustí tato procedura. Do obrazové oblasti `ImgGraf` postupně vykreslí okolní rámeček, hlavní osu a podpis autora. Do oblasti `ImgSchema` vykreslí schéma el. obvodu s popisky veličin.

### **Procedura BtnVykresliClick**

Jedná se o hlavní proceduru programu, která reaguje na kliknutí na tlačítko „Vykresli“. Obsahuje vlastní proměnné pro výpočet grafu. Na počátku se inicializují, poté se načítá hodnota  $U_z$ , kontroluje se, jestli je větší než 0. V případě, že ano, dochází k samotnému vykreslení grafu včetně osy, popisků os, rámečku a podpisu. V případě, že není větší než 0, zavolá se procedura `vypisChybu` s chybovou hláškou „Nezadali jste správnou hodnotu  $U_z$  větší než 0!“.

### **Procedura BtnKonecClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Konec“ ukončí běh aplikace.

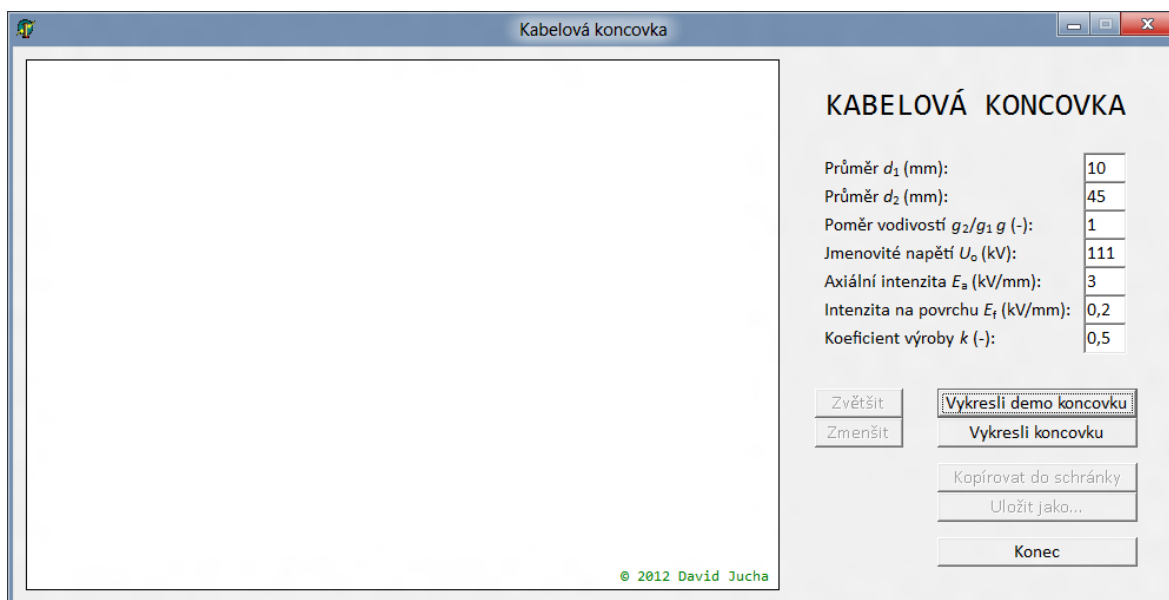
### **Procedura EditHodnotaKeyPress**

Procedura zajišťující vykreslení grafu po zadání hodnoty a následném stisknutí klávesy „Enter“.

## 5.2.3. Program Kabelová koncovka

Na obrázku 8 je zobrazeno grafické uživatelské rozhraní programu Kabelová koncovka, které obsahuje:

- Oblast pro vykreslení kabelové koncovky.
- Sedm tlačítek:
  - Vykresli demo koncovku
  - Vykresli koncovku
  - Kopírovat do schránky
  - Uložit jako...
  - Zvětšit
  - Zmenšit
  - Konec
- Sedm vstupních polí pro
  - Průměr  $d_1$
  - Průměr  $d_2$
  - Poměr vodivostí  $g_2/g_1$   $g$
  - Jmenovité napětí  $U_o$
  - Axiální intenzitu  $E_a$
  - Intenzitu na povrchu  $E_f$
  - Koeficient výroby  $k$

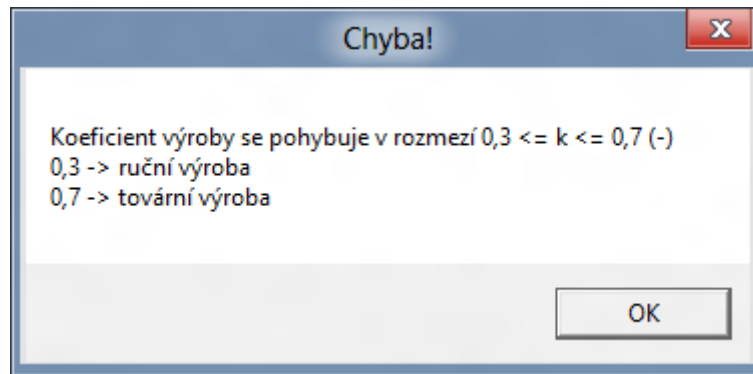


Obrázek 8: GUI programu Kabelová koncovka

Hlavním úkolem tohoto programu je graficky zobrazit tvar kabelové koncovky pro stejnosměrné napětí, vypočtený z výše uvedených zadaných parametrů. Pro vykreslení koncovky je potřeba zadat hodnoty do všech vstupních polí a poté stisknout tlačítko „Vykresli koncovku“. Každá zadávaná hodnota je omezena, ať už je to shora nebo zdola. Přehled všech omezení naleznete v tabulce 1. Pokud tedy uživatel zadá hodnotu mimo rozsah a stiskne tlačítko „Vykresli koncovku“, program vypíše chybu a smaže danou zadávanou hodnotu. Na ukázkou chybového hlášení při zadání špatného koeficientu výroby se můžete podívat na obrázku 9. Jako desetinný oddělovač může uživatel použít desetinnou tečku nebo i čárku - program umí pracovat s obojím.

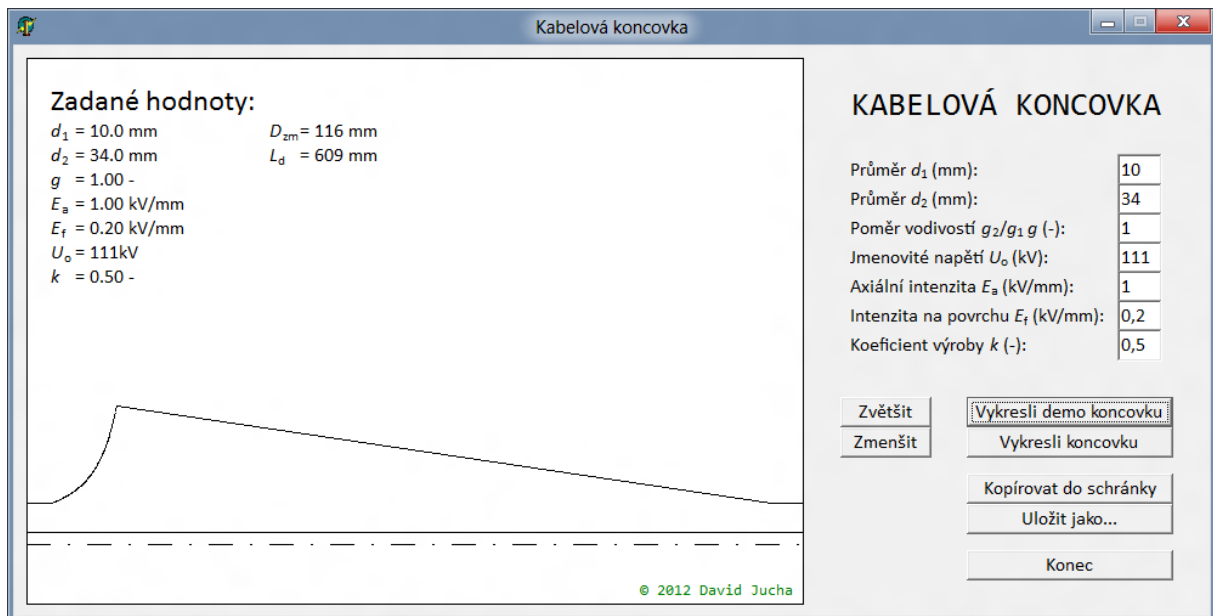
Zadávaná veličina	Značka	Omezení
Průměr	$d_1$ (mm)	$0 < d_1 < 100$
Průměr	$d_2$ (mm)	$1 < d_2 < 200$ a $d_2 > d_1$
Poměr vodivosti	$g$ (-)	$0 < g < 10$
Jmenovité napětí	$U_o$ (kV)	$1 < U_o < 1000$
Axiální intenzita	$E_a$ (kV/mm)	$0 < E_a < 10$
Intenzita na povrchu	$E_f$ (kV/mm)	$0 < E_f < 5$ a $E_f < E_a$
Koefficient výroby	$k$ (-)	$0,3 \leq k \leq 0,7$

Tabulka 1: Omezení parametrů kabelové koncovky



Obrázek 9: Chybná hodnota koeficientu výroby

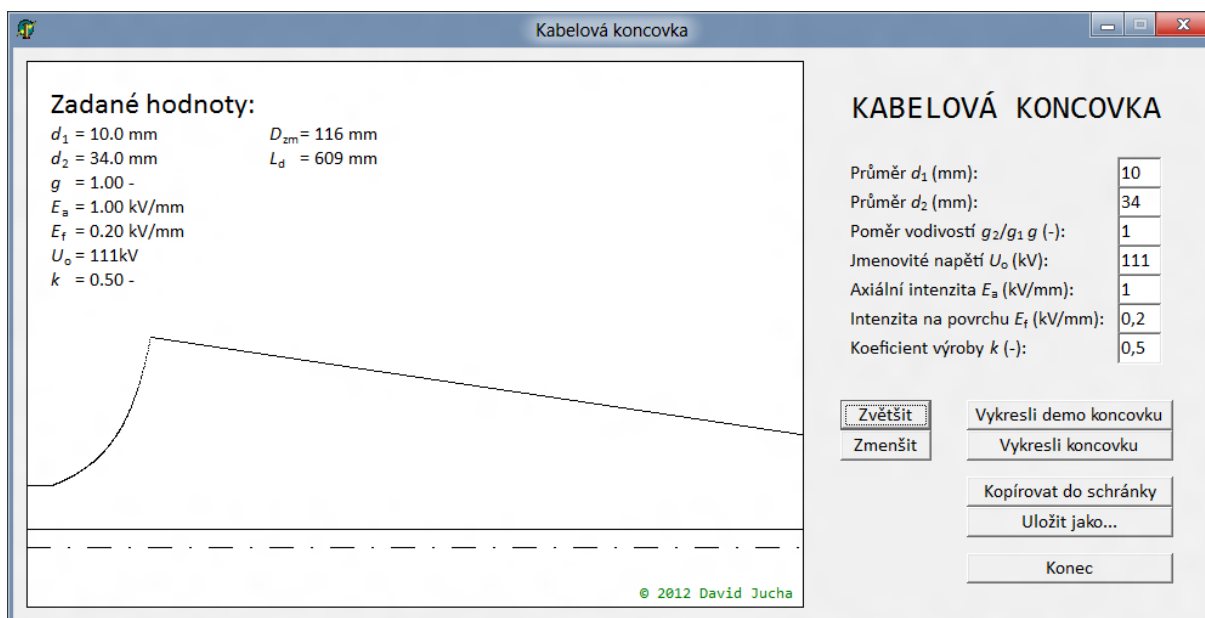
Jestliže neznáme všechny parametry koncovky, můžeme si pomocí tlačítka „Vykresli demo koncovku“ nechat vykreslit ukázkovou koncovku s předem nadefinovanými parametry, zobrazenou na obrázku 10.



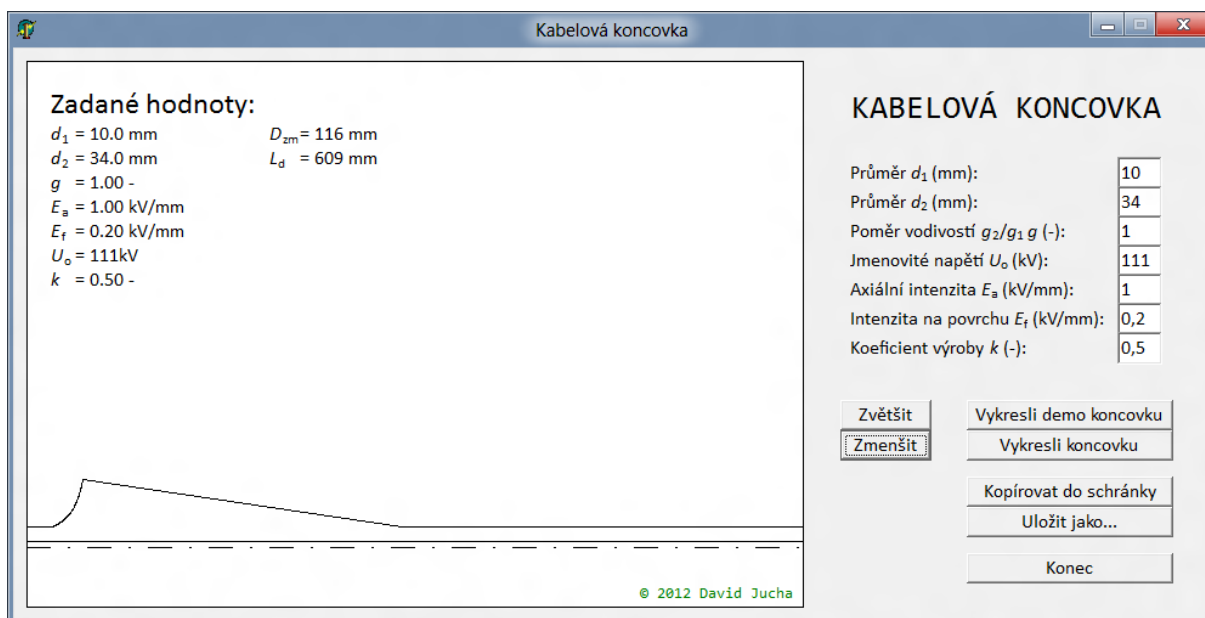
Obrázek 10: Vykreslená demo koncovka

Po vykreslení koncovky, ať už prvním nebo druhým způsobem, se nám zpřístupní další tlačítka – „Zvětšit“, „Zmenšit“, „Kopírovat do schránky“ a „Uložit jako...“.

Tlačítko „Zvětšit“ zvětší poměr již vykreslené koncovky (na obrázku 11 se můžete podívat na desetkrát zvětšenou demo koncovku), naopak tlačítko „Zmenšit“ poměr vykreslené koncovky zmenší (na obrázku 12 se můžete podívat na desetkrát zmenšenou demo koncovku).



Obrázek 11: Desetkrát zvětšená demo koncovka

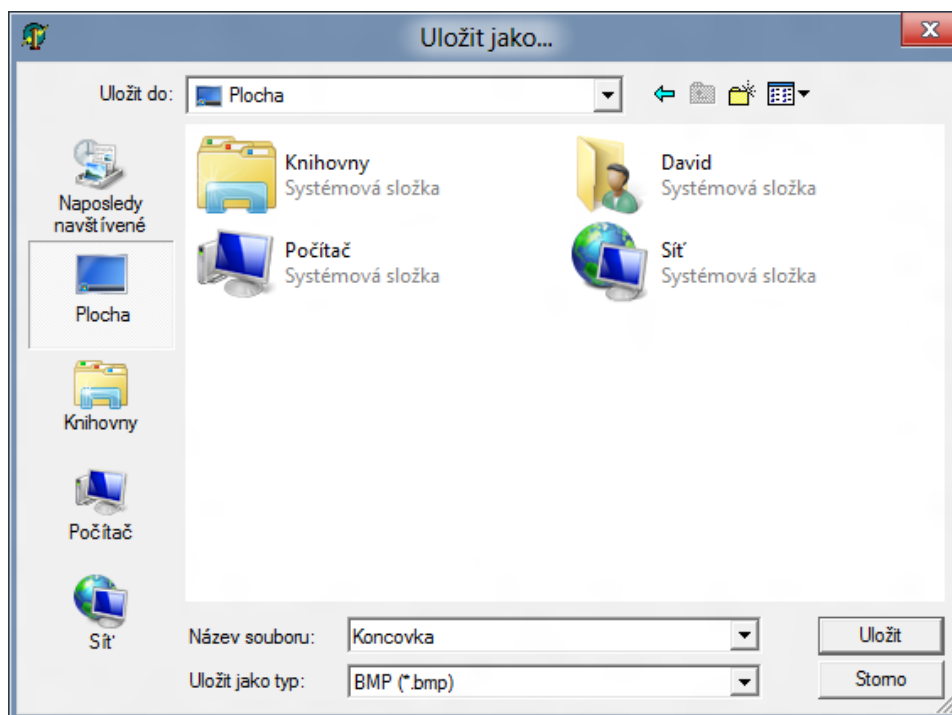


Obrázek 12: Desetkrát zmenšená demo koncovka

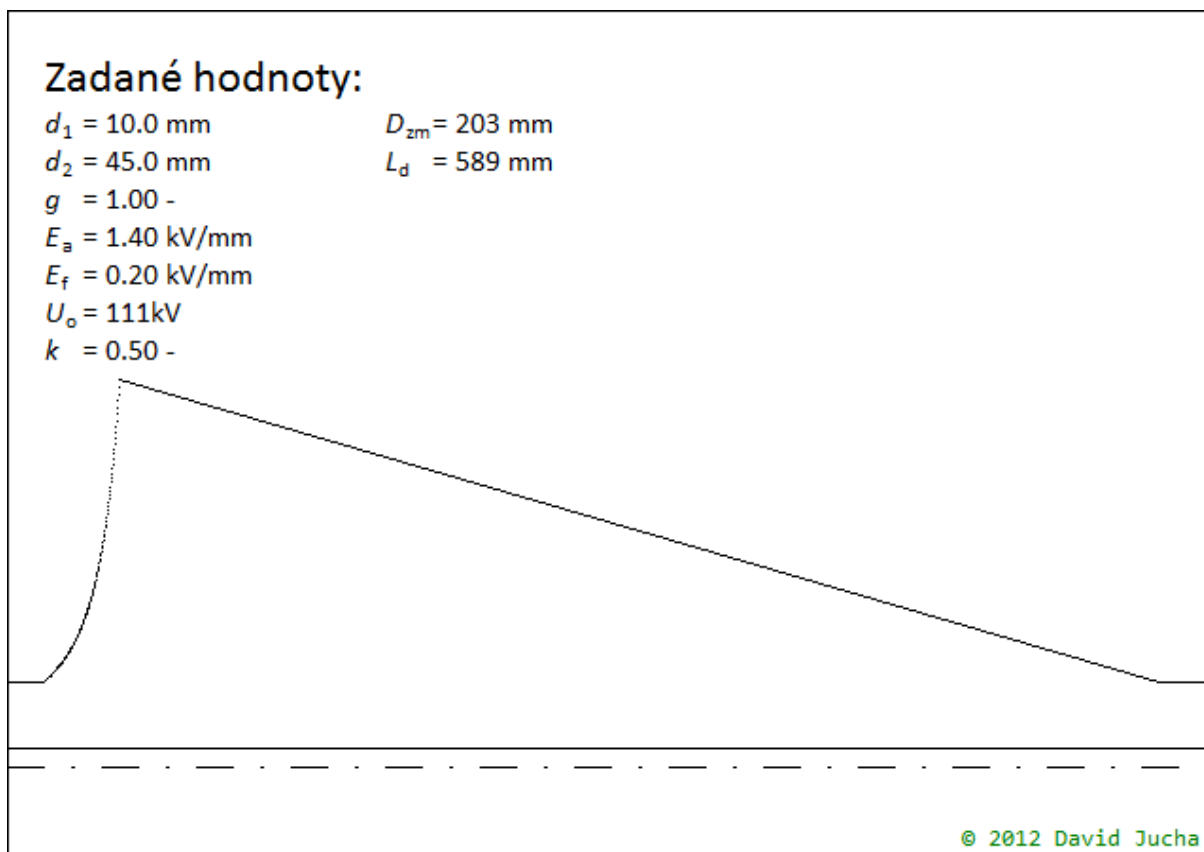
Tlačítko „Kopírovat do schránky“ zkopíruje aktuálně vykreslenou koncovku do schránky počítače.

Tlačítko „Uložit jako...“ otevře dialog pro uložení zobrazený na obrázku 13, který umožní uložit vykreslenou koncovku do běžného obrazového formátu. Na ukázkou výstupu po uložení pomocí dialogu se můžete podívat na obrázku 14.





Obrázek 13: Dialog pro uložení koncovky



Obrázek 14: Ukázka výstupu programu Kabelová koncovka

K ukončení programu slouží tlačítko „Konec“ nebo červený křížek vpravo nahoře.

## Komponenty programu

Seznam použitých komponent, umístěných na formuláři, a jejich názvy s krátkým textovým vysvětlením:

- Button:
  - BtnCopy – tlačítko „Kopírovat do schránky“ pro kopírování vykreslené koncovky do schránky počítače.
  - BtnKonec – tlačítko „Konec“ pro ukončení programu.
  - BtnMinus – tlačítko „Zmenšit“ pro zmenšení poměru vykreslené koncovky.
  - BtnPlus – tlačítko „Zvětšit“ pro zvětšení poměru vykreslené koncovky.
  - BtnUlozJako – tlačítko „Uložit jako...“ pro uložení vykreslené koncovky jako obrázku na disk počítače.
  - BtnVykresli – tlačítko „Vykresli“ pro vykreslení koncovky se zadanými parametry.
  - BtnVykresliDemo – tlačítko „Vykresli demo koncovku“ pro vykreslení demo koncovky se předem nadefinovanými parametry.
- Edit
  - EditD1 – vstupní pole pro hodnotu průměru  $d_1$ .
  - EditD2 – vstupní pole pro hodnotu průměru  $d_2$ .
  - EditEa – vstupní pole pro hodnotu axiální intenzity  $E_a$ .
  - EditEf – vstupní pole pro hodnotu intenzity na povrchu  $E_f$ .
  - EditG – vstupní pole pro hodnotu poměru vodivosti  $g_1/g_2$ .
  - EditK – vstupní pole pro hodnotu koeficientu výroby  $k$ .
  - EditUo – vstupní pole pro hodnotu jmenovitého napětí  $U_o$ .
- Image
  - ImgPlatno – obrazová oblast pro vykreslení koncovky.
- Label
  - LblD11, 12, 13, 14 – popisok obsahující text „Průměr  $d_1$  (mm)“.
  - LblD21, 22, 23, 24 – popisok obsahující text „Průměr  $d_2$  (mm)“.

- LblEa1, 2, 3, 4 – popisek obsahující text „Axiální intenzita  $E_a$  (kV/mm)“.
  - LblEf1, 2, 3, 4 – popisek obsahující text „Intenzita na povrchu  $E_f$  (kV/mm)“.
  - LblG1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – popisek obsahující text „Poměr vodivostí  $g_1/g_2$  (-)“.
  - LblK1, 2, 3 – popisek obsahující text „Koeficient výroby  $k$  (-)“.
  - LblNadpis – popisek obsahující nadpis „KABELOVÁ KONCOVKA“.
  - LblUo1, 2, 3, 4 – popisek obsahující text „Jmenovité napětí  $U_o$  (kV)“.
- SaveDialog
    - SaveDlg – dialog pro uložení koncovky jako obrázku na disk počítače.

### **Procedura vypisChybu**

Procedura připravuje chybovou hlášku. Připraví text „Chyba!“ jako hlavičku okna. Volá se s parametrem, kde dostává jen samotné tělo chyby.

### **Procedura triPlatne**

Pomocná procedura pro zaokrouhlování na tři platné.

### **Procedura FormCreate**

Při spuštění programu (při vytvoření formuláře) se spustí tato procedura. Připraví obrazovou oblast ImgPlatno, vykreslí dokola rámeček a podpis autora.

### **Procedura vykresliKoncovku**

Jedná se o hlavní proceduru celého programu, stará se o vykreslení koncovky s danými parametry. Na začátku obsahuje potřebné výpočty, dále pak část kódu pro zvětšení a zmenšení poměru, poté se vykreslí na obrazovou oblast ImgPlatno rámeček, vypočtené hodnoty s jednotkami, samotná koncovka a nakonec podpis autora.

### **Procedura BtnVykresliDemoClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Vykresli demo koncovku“ nastaví potřebné parametry pro vykreslení a zavolá metodu *vykresliKoncovku*.

### **Procedura BtnVykresliClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Vykresli koncovku“ nastaví potřebné parametry pro vykreslení, zkontroluje správnost zadaných hodnot a zavolá metodu *vykresliKoncovku*.

### **Procedura BtnPlusClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Zvětšit“ nastaví hodnotu proměnné plus na True a poté zavolá metodu *vykresliKoncovku*.

### **Procedura BtnMinusClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Zmenšit“ nastaví hodnotu proměnné minus na True a poté zavolá metodu *vykresliKoncovku*.

### **Procedura BtnCopyClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Kopírovat do schránky“ přiřadí vykreslenou koncovku do schránky počítače.

### **Procedura BtnUlozJakoClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Uložit jako...“ otevře dialog pro uložení vykreslené koncovky jako obrázku na disk počítače.

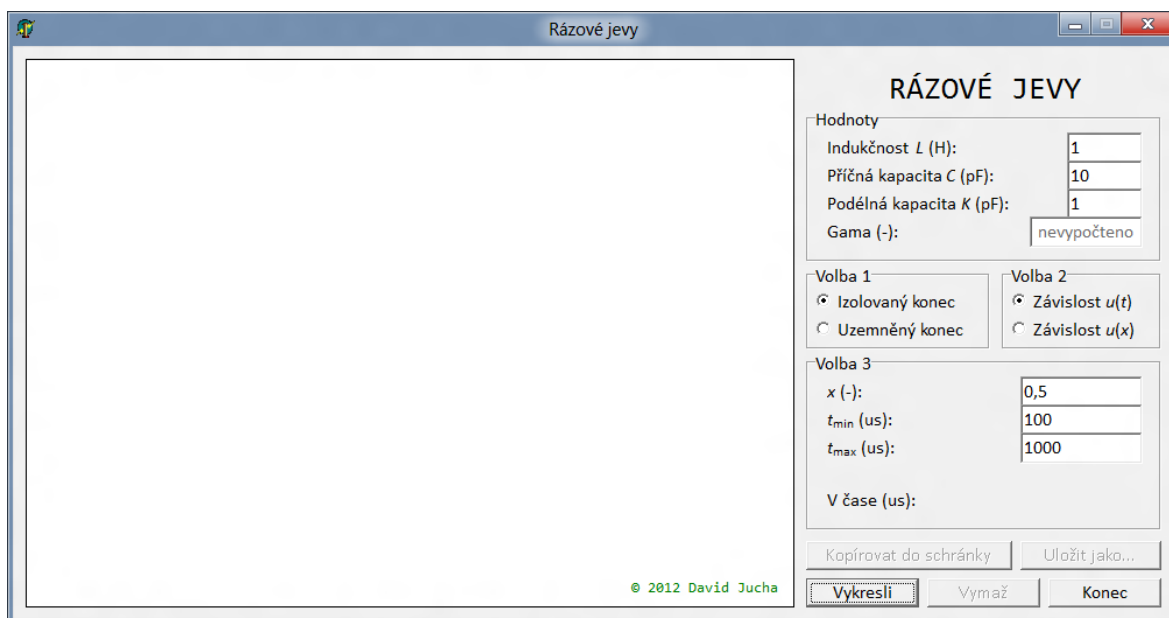
### **Procedura BtnKonecClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Konec“ ukončí běh aplikace.

## 5.2.4. Program Rázové jevy

Na obrázku 15 je zobrazeno grafické uživatelské rozhraní programu Rázové jevy. Obsahuje:

- Oblast pro vykreslení grafu.
- Oblast „Hodnoty“ obsahující vstupní pole pro zadání hodnot indukčnosti  $L$ , příčné kapacity  $C$  a podélné kapacity  $K$
- Oblast „Volba 1“ pro volbu mezi izolovaným a uzemněným koncem cívky.
- Oblast „Volba 2“ pro volbu mezi závislostmi  $u(t)$  a  $u(x)$ .
- Oblast „Volba 3“ obsahující vstupní pole pro zadání doplňujících hodnot  $x$ ,  $t_{\min}$ ,  $t_{\max}$  a času.
- Pět ovládacích tlačítek – „Vykresli“, „Vymaž“, „Kopírovat do schránky“, „Uložit jako...“ a „Konec“.

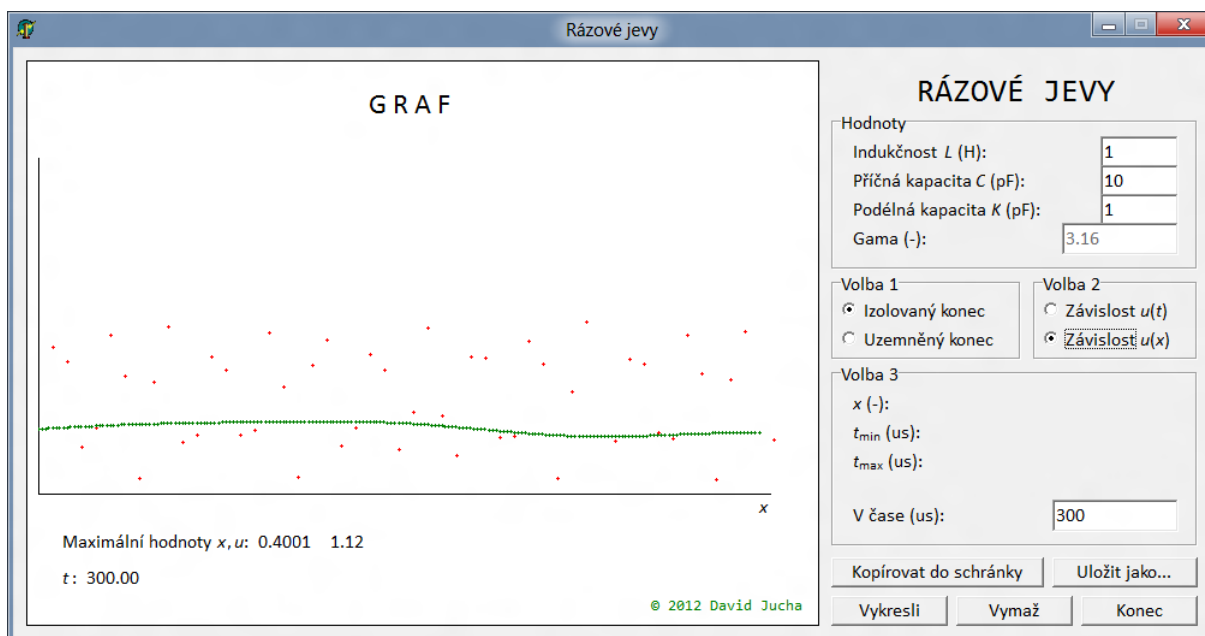


Obrázek 15: GUI programu Rázové jevy

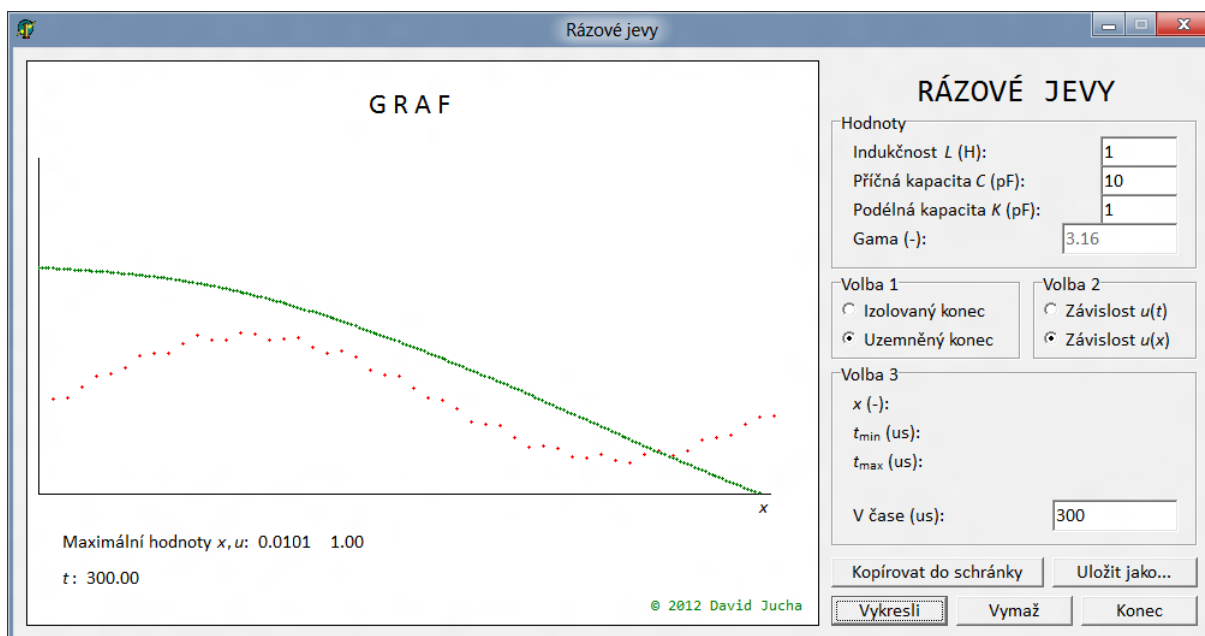
Hlavním úkolem tohoto programu je zobrazit průběh rázových jevů ve vinutých transformátorů a točivých strojů dle zadaných parametrů. Pro vykreslení grafu je potřeba zadat všechny požadované výše uvedené hodnoty a poté stisknout tlačítko „Vykresli“. Grafy lze z důvodů porovnávání překreslovat přes sebe.

Na obrázku 16 se tedy můžete podívat na vykreslený výstup – konkrétně se jedná o graf s izolovaným koncem se závislostí  $u(t)$  (červené body) a závislostí  $u(x)$  (zelené body).

Obdobně se můžete podívat na obrázek 17, kde je vykreslený výstup – zde se jedná o graf s uzemněným koncem a opět se závislostí  $u(t)$  (červené body) a závislostí  $u(x)$  (zelené body).



Obrázek 16: Výstup obsahující dva grafy s izolovaným koncem

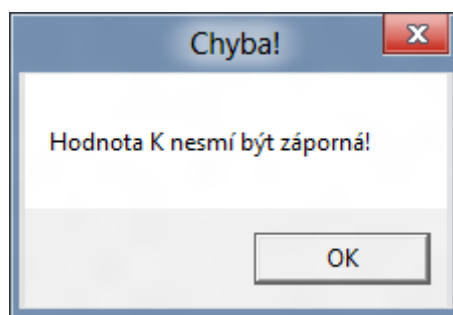


Obrázek 17: Výstup obsahující dva grafy s uzemněným koncem

Každá zadávaná hodnota má svá omezení nebo rozsah. Přehled všech omezení naleznete v tabulce 2. Když uživatel zadá nesprávnou hodnotu a stiskne tlačítko „Vykresli“, program vypíše chybu a smaže zadanou hodnotu. Na obrázku 18 se můžete podívat na chybovou hlášku zobrazující se při špatně zadané hodnotě podélné kapacity  $K$ . Obdobně se pak zobrazují i ostatní chybové hlášky. Program pracuje jak s desetinnými tečkami, tak i čárkami.

Zadávaná veličina	Značka	Omezení
Indukčnost	$L$ (H)	$0 < L$
Příčná kapacita	$C$ (pF)	$0 < C$
Podélná kapacita	$K$ (pF)	$0 \leq K$
	$x$ (-)	$0 \leq U_o \leq 1$
Počáteční čas	$t_{\min}$ ( $\mu\text{s}$ )	bez omezení
Koncový čas	$t_{\max}$ ( $\mu\text{s}$ )	bez omezení
Čas	$t$ ( $\mu\text{s}$ )	bez omezení

Tabulka 2: Omezení parametrů rázových jevů



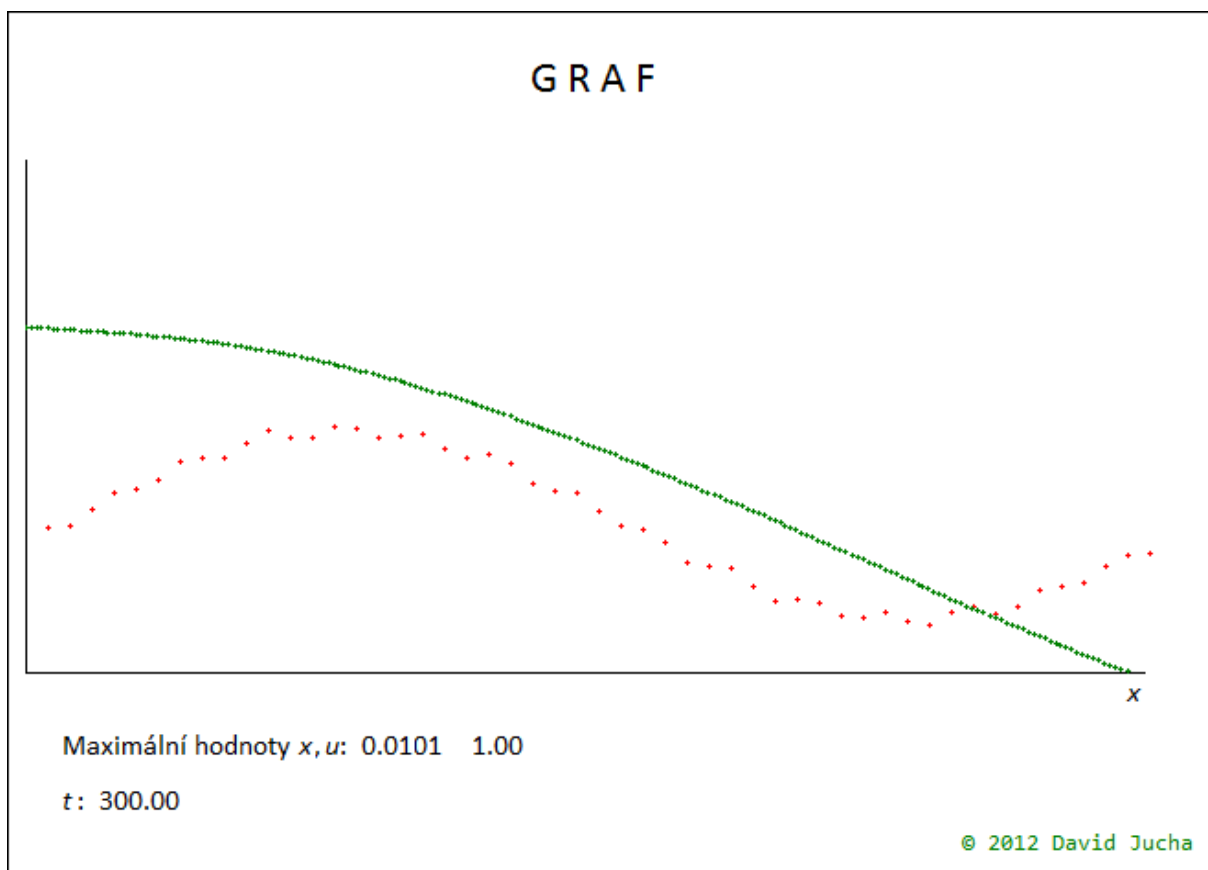
Obrázek 18: Chybná hodnota podélné kapacity

Po úspěšném vykreslení grafu se nám zpřístupní tlačítka „Vymaž“, „Kopírovat do schránky“ a „Uložit jako...“.

Tlačítko „Vymaž“ slouží k vymazání aktuálně vykresleného grafu.

Tlačítko „Kopírovat do schránky“ zkopíruje aktuálně vykreslený graf do schránky počítače.

Tlačítko „Uložit jako...“ otevře dialog, který umožní uložit aktuálně vykreslený graf do běžného obrazového formátu. Na ukázkou uloženého grafu pomocí funkce „Uložit jako“ se podívejte na obrázek 19.



Obrázek 19: Ukázka výstupu programu Rázové jevy

K ukončení programu slouží tlačítko „Konec“, nebo červený křížek vpravo nahoře.

### Komponenty programu

Seznam použitých komponent, umístěných na formuláři, a jejich názvy s krátkým textovým vysvětlením:

- Button:
  - BtnVykresli – tlačítko „Vykresli“ pro vykreslení grafu se zadanými parametry.
  - BtnVymaz – tlačítko „Vymaž“ pro vymazání vykresleného grafu.
  - BtnCopy – tlačítko „Kopírovat do schránky“ pro kopírování vykresleného grafu do schránky počítače.
  - BtnUlozJako – tlačítko „Uložit jako...“ pro uložení vykresleného grafu jako obrázku na disk počítače.
  - BtnKonec – tlačítko „Konec“ pro ukončení programu.
- RadioButton



- RBtnIzolovany, RBtnUzemneny – přepínací tlačítka pro volbu mezi izolovaným a uzemněným koncem.
- RBtnUt, RBtnUx – přepínací tlačítka pro volbu mezi závislostmi  $u(t)$  a  $u(x)$ .
- Edit
  - EditL – vstupní pole pro hodnotu indukčnosti  $L$ .
  - EditC – vstupní pole pro hodnotu příčné kapacity  $C$ .
  - EditK – vstupní pole pro hodnotu podélné kapacity  $K$ .
  - EditGama – výstupní pole pro hodnotu gamy.
  - EditPomer – vstupní pole pro hodnotu poměru  $x$ .
  - EditTmin – vstupní pole pro hodnotu času  $t_{\min}$ .
  - EditTmax – vstupní pole pro hodnotu času  $t_{\max}$ .
  - EditCas – vstupní pole pro hodnotu času.
- Img
  - ImgGraf – obrazová oblast pro vykreslení grafu.
  - ImgVelky – pomocná oblast pro snazší uložení.
- Label
  - LblNadpis – popisek obsahující nadpis „RÁZOVÉ JEVY“.
  - LblCas – popisek obsahující text „V čase (us):“.
  - LblL1, 2, 3 – popisek obsahující text „Indukčnost  $L$  (H):“.
  - LblC1, 2, 3 – popisek obsahující text „Příčná kapacita  $C$  (pF):“.
  - LblK1, 2, 3 – popisek obsahující text „Podélná kapacita  $K$  (pF):“.
  - LblGama1, 2 – popisek obsahující text „Gama (-):“.
  - LblPomer1, 2, 3 – popisek obsahující text „ $x$  (-):“.
  - LblTmin1, 2, 3 – popisek obsahující text „ $t_{\min}$  (us):“.
  - LblTmax1, 2, 3 – popisek obsahující text „ $t_{\max}$  (us):“.
  - LblZavUT1, 2, 3, 4 – popisek obsahující text „Závislost  $u(t)$ “.
  - LblZavUX1, 2, 3, 4 – popisek obsahující text „Závislost  $u(x)$ “.

- GroupBox
  - GBoxHodnoty – pro seskupení komponent EditL, EditC, EditK, EditGama, LblC1, 2, 3, LblK1, 2, 3, LblL1, 2, 3.
  - GBoxVolba1 – pro seskupení komponent RBtnIzolovany a RBtnUzemneny.
  - GBoxVolba2 – pro seskupení komponent LblZavUT1, 2, 3, 4, LblZavUX1, 2, 3, 4, RBtnUt, RBtnUx.
  - GBoxVolba3 – pro seskupení komponent EditCas, EditPomer, EditTmax, EditTmin, LblCas, LblPomer1, 2, 3, LblTmax1, 2, 3, LblTmin1, 2, 3.
- SaveDialog
  - SaveDlg – dialog pro uložení grafu jako obrázku na disk počítače.

### **Procedura IZ01**

Pomocná procedura obsahující potřebné výpočty pro izolovaný a uzemněný konec cívky.

### **Procedura IZ02**

Pomocná procedura obsahující potřebné výpočty pro izolovaný a uzemněný konec cívky.

### **Procedura ZEM**

Pomocná procedura s potřebnými výpočty pro izolovaný a uzemněný konec cívky.

### **Procedura GRAF**

Procedura vykreslující na obrazovou plochu ImgGraf nadpis a osy grafu.

### **Procedura GRAF\_UT**

Procedura pro výpočet a vykreslení grafu se závislostí  $u(t)$  využije metodu *GRAF*, vykreslí popisky os, maximální hodnoty zadaných hodnot a poté i samotný graf.

### **Procedura GRAF\_UX**

Procedura pro výpočet a vykreslení grafu se závislostí  $u(x)$  využije metodu *GRAF*, vykreslí popisky os, maximální hodnoty zadaných hodnot a poté i samotný graf.

### **Procedura triPlatne**

Pomocná procedura pro zaokrouhlování na tři platné.

### **Procedura vypisChybu**

Procedura připravuje chybovou hlášku. Připraví text „Chyba!“ jako hlavičku okna. Volá se s parametrem, kde dostává jen samotné tělo chyby.

### **Procedura BtnVykresliClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Vykresli“ nejprve načte potřebné hodnoty, ověří jejich správnost a dle zvolených možností se rozhodne, jaký graf má vykreslit a poté jej vykreslí.

### **Procedura FormCreate**

Při spuštění programu (při vytvoření formuláře) se spustí tato procedura. Připraví obrazovou oblast ImgGraf, vykreslí dokola rámeček a podpis autora.

### **Procedura BtnVymazClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Vymaž“ vymaže vykreslený graf, vykreslí rámeček a podpis.

### **Procedura BtnCopyClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Kopírovat do schránky“ přiřadí vykreslenou koncovku do schránky počítače.

### **Procedura BtnUlozJakoClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Uložit jako...“ otevře dialog pro uložení vykreslené koncovky jako obrázku na disk počítače.

### **Procedura BtnKonecClick**

Procedura reagující na kliknutí na tlačítko „Konec“ ukončí běh aplikace.

## 6. Závěr

Cílem této bakalářské práce byla nová implementace tří programů JEVY.EXE, KONCOVKA.EXE a CASTECNE.EXE, které slouží studentům ve výuce k výpočtům a zobrazování elektrických jevů. Hlavní částí bylo vybrat vhodné vývojové prostředí, aby nebylo nutno pro běh těchto programů instalovat jakýkoliv další podpůrný software, vytvořit nové intuitivní grafické uživatelské rozhraní pro všechny tři výše jmenované programy a také vytvořit jak uživatelskou, tak i programátorskou dokumentaci. Jedním z hlavních úkolů bylo také přidat některé nové funkce, které starší verze programů neměly. Ve vývojovém prostředí Delphi se tedy povedlo naimplementovat všechny tři programy jak v české, tak i anglické verzi. Nové programy nesou názvy - Castecne vyboje.exe, Kabelova koncovka.exe, Razove jevy.exe a v anglické verzi - Partial discharges.exe, Termination.exe, Shock phenomena.exe.

Jako přínos práce spatřuji především to, že jsem si zdokonalil dovednosti především v návrhu jednotlivých uživatelských rozhraní a v neposlední řadě také v samotné implementaci projektů. Dalším přínosem je fakt, že tyto programy jsou určeny pro podporu výuky předmětu Technika vysokého napětí.

Všechny tři programy jsou již používány ve výuce, a věřím, že jsem studentům a také profesorům ulehčil práci a hodně nervů oproti dříve používaným starším verzím těchto programů. Také věřím, že programy budou bez chyb a problémů fungovat několik následujících let.

Jako návrh pro rozšíření bych osobně viděl podporu pro OS Linux či dnes hojně používanou platformu Android. Také by se dalo uvažovat o rozšíření podpory aplikací pro uživatelské rozhraní Metro nadcházejícího OS Windows 8.

# Literatura

1. MACH, Veleslav. *Technika vysokého napětí*. 2. přepracované vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1161-8.
2. VEVERKA, Antonín. *Technika vysokých napětí*. 2. přepracované vydání. Praha: SNTL, 1978, 295 s.
3. PÍSEK, Slavoj. *Delphi - začínáme programovat: podrobný průvodce začínajícího uživatele*. 2., upr. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2002, 325 s. ISBN 80-247-0547-8.
4. Verze Delphi: Přehled verzí s hlavními vlastnostmi, daty vydání a symboly pro jednotlivé verze. *Delphi.cz: komunitní portál Delphi* [online]. 1.9.2011 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://delphi.cz/page/Verze-Delphi.aspx>>.
5. TEIXEIRA, Steve. *Mistrovství v Delphi 6*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2002, 822 s. ISBN 80-722-6627-6.

# Seznam příloh

**Příloha č. 1:** Zdrojové kódy procedur a funkcí

## Adresářová struktura přiloženého CD

/Dokumentace	Složka obsahující uživatelskou a programátorskou dokumentaci
/Programy	Složka obsahující spustitelné verze jednotlivých programů
/Texty	Složka obsahuje soubor s textem bakalářské práce a abstraktem
/Zdrojove_kody	Složka obsahující zdrojové kódy ke všem programům
/Prilohy	Složka obsahující přílohy