

**Manuál výpočtového programu**





# Výpočtový program

# SICHR

## MANUÁL

### 1. Úvod

Výpočtový program Sichr řeší paprskové sítě TN-C, TN-C-S a IT sítě bez vyvedeného středního vodiče ve všech obvyklých napěťových hladinách nn. Pracuje s jisticími a spínacími prvky, proudovými chrániči a svodiči přepětí z produkce OEZ, jiné přístroje vkládat nelze. Databáze transformátorů, generátorů a silových kabelů lze doplňovat i o vlastní položky.

Po snadném sestavení obvodu program vypočtené zkratové proudy porovná s mezní zkratovou vypínací schopností jističů a pojistek, přičemž vyhodnotí i velikosti omezených proudů za omezujícími přístroji a výsledky využije k posouzení možnosti vzájemného kaskádování jednotlivých přístrojů. Během výpočtů se kontroluje i správnost ochrany proti nadproudům spínačů, proudových chráničů a přepětových ochran.

Velmi užitečnou funkcí programu je posouzení správného dimenzování a ochrany proti nadproudům silových kabelů jak z hlediska přetížení, tak na základě energií propuštěných jisticími přístroji v oblasti zkratových proudů. V případě použití paralelních kabelů kontroluje ochranu i jednoho kabelu, pokud je použit společný jisticí přístroj. V případě nevyhovujícího výsledku upozorní na nutnost použít protipožární nástřík nebo nehořlavé přepážky. Při zadání proudů a koeficientů soudobosti Sichr vyhodnotí úbytky napětí na transformátoru a jednotlivých kabelech a výsledné napětí na vývodech a sběrnicích porovná s nastaveným maximálně povoleným úbytkem napětí.

Vyhodnocení selektivity mezi jednotlivými stupni jištění se provádí jak na základě porovnání vypínacích charakteristik jednotlivých přístrojů v oblasti přetížení, tak za pomoci databáze provedených zkoušek selektivity použitých přístrojů v oblasti zkratových proudů. Při výpočtu impedančních smyček se bere v úvahu impedance celého obvodu včetně impedance vysokonapěťového rozvodu, napájecího zdroje, vnitřní impedance jisticích přístrojů a kabelů, přičemž se uvažuje i se zvýšením činného odporu kabelů v závislosti na jeho oteplení protékajícím proudem. V jednotlivých částech rozvodu je možné nastavit různou maximální dobu odpojení od 30 s v energetických rozvodech, přes 5 s v distribučních rozvodech, až po 0,4 s v koncových obvodech.

V režimu optimalizace umožňuje stanovit ekonomicky optimální průřez vedení z hlediska minimalizace součtu pořizovacích a provozních nákladů, tedy celkových nákladů na vedení během jeho ekonomické životnosti.

## **2. Obsah**

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Obsah</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Instalace a registrace</b> .....	<b>5</b>
<b>4. Prostředí programu</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1. Ovládání</b> .....	<b>5</b>
<b>4.2. Části projektu</b> .....	<b>7</b>
4.2.1. Úvodní strana .....	7
4.2.2. Celkové schéma .....	8
4.2.3. Schéma paprsku.....	9
4.2.4. Přehled parametrů a výpočtů.....	10
<b>4.3. Názvosloví</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4. Klávesové zkratky</b> .....	<b>14</b>
<b>5. Projekt</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1. Vkládání prvků</b> .....	<b>16</b>
5.1.1. Sběrnice .....	17
5.1.2. Přechody mezi druhy sítí .....	19
5.1.3. Vývody .....	19
5.1.4. Jističe, spouštěče motoru .....	21
5.1.5. Pojistky .....	23
5.1.6. Nadproudová relé .....	24
5.1.7. Stykače.....	24
5.1.8. Přepětové ochrany .....	24
5.1.9. Proudové chrániče, spínače .....	25
5.1.10. Kabely.....	25
5.1.10.1. Zatěžovací proudy jednožilových kabelů.....	26
5.1.10.2. Zatěžovací proudy kabelů v zemi.....	27
5.1.10.3. Počet seskupených obvodů .....	27
5.1.10.4. Stanovení zatěžovacího proudu.....	28
5.1.10.5. Omezení maximální teploty kabelu při poruše .....	28
5.1.10.6. Jištění paralelních kabelů samostatnými pojistkami.....	29
5.1.10.7. Přidání vlastních kabelů .....	29
5.1.11. Zdroj .....	29
5.1.11.1. Obecný zdroj.....	29
5.1.11.2. Transformátor.....	30
5.1.11.3. Generátor .....	32
<b>5.2. Další funkce</b> .....	<b>32</b>
5.2.1. Kopírování .....	32
5.2.2. Prodloužení paprsku .....	32
5.2.3. Opakování posloupnosti .....	33
5.2.4. Práce s výřezem .....	33
5.2.5. Vkládání grafických objektů .....	33
5.2.6. Export a import databáze.....	34

5.2.7. Osobní nastavení.....	34
5.2.8. Informace o programu .....	36
<b>5.3. Výpočty a kontroly .....</b>	<b>36</b>
5.3.1. Zkratové proudy.....	36
5.3.2. Úbytky napětí.....	37
5.3.3. Impedanční smyčky .....	37
5.3.4. Selektivita .....	41
5.3.5. Dimenzování a jištění kabelů .....	42
5.3.6. Jištění přístrojů bez vlastní nadproudové ochrany.....	43
5.3.7. Ekonomická optimalizace .....	44
<b>5.4. Výstupy z programu.....</b>	<b>44</b>
5.4.1. Ukládání .....	44
5.4.2. Tisk.....	45
<b>6. Řešené příklady .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1. Elektrický rozvod nn v průmyslu .....</b>	<b>46</b>
6.1.1. Zadání .....	46
6.1.2. Výkonová bilance.....	46
6.1.3. Výkon napájecího transformátoru .....	50
6.1.4. Návrh vedení, jisticích a spínacích přístrojů .....	51
6.1.5. Přívod od transformátoru do hlavního rozváděče .....	51
6.1.7. Volba hlavního jisticího přístroje .....	53
6.1.8. Přívod do administrativní budovy.....	54
6.1.9. Přívod do lisovny .....	56
6.1.10. Přívod do nástrojárny.....	58
6.1.11. Přehled parametrů a výpočtů.....	59
<b>6.2. Elektrický rozvod nn v bytové výstavbě .....</b>	<b>60</b>
6.2.1. Zadání .....	60
6.2.2. Výkonová bilance.....	60
6.2.3. Návrh vedení a jisticích přístrojů.....	67
6.2.4. Přehled parametrů a výpočtů.....	72
<b>6.3. Jištění paralelních kabelů.....</b>	<b>75</b>
6.3.1. Zadání .....	75
6.3.2. Řešení .....	75
6.3.2.1. Jištění paralelních kabelů společným jisticím přístrojem .....	75
6.3.2.2. Jištění jednotlivých paralelních kabelů samostatnými jisticími přístroji.....	80
<b>6.4. Ekonomická optimalizace průřezu kabelů .....</b>	<b>83</b>
6.4.1. Zadání .....	83
6.4.2. Řešení .....	83
<b>7. Technické poznámky.....</b>	<b>88</b>
<b>7.1. Charakteristiky .....</b>	<b>88</b>
<b>7.2. Selektivita .....</b>	<b>89</b>
<b>7.3. Impedanční smyčky .....</b>	<b>89</b>
7.3.1. Základní vztahy podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 .....	89
7.3.1.1. Sítě TN.....	89
7.3.1.2. Sítě IT .....	90

7.3.2. Základní vztahy podle PNE 33 0000-1 .....	91
7.3.2.1. Sítě TN .....	91
<b>7.4. Transformátor.....</b>	<b>92</b>
<b>7.5. Zkratové proudy .....</b>	<b>92</b>
<b>7.6. Jištění paralelních kabelů.....</b>	<b>93</b>
7.6.1. Jištění paralelních kabelů společným jisticím přístrojem .....	96
7.6.2. Jištění paralelních kabelů samostatnými přístroji na začátku .....	98
7.6.3. Jištění paralelních kabelů samostatnými přístroji na konci .....	100
7.6.4. Jištění paralelních kabelů samostatnými přístroji na začátku i na konci .....	101
<b>7.7. Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů nn.....</b>	<b>102</b>
7.7.1. Úvod .....	102
7.7.2. Hospodárný (optimální) průřez kabelů.....	102
7.7.2.1. Pořizovací náklady .....	103
7.7.2.2. Provozní náklady.....	103
7.7.2.3. Celkové náklady na vedení .....	105
7.7.2.4. Hospodárný průřez vodiče (paralelních vodičů) jedné fáze vedení .....	105
<b>7.8. Oteplení vedení.....</b>	<b>105</b>
<b>7.9. Úbytky napětí.....</b>	<b>106</b>
<b>8. Doporučená literatura.....</b>	<b>106</b>

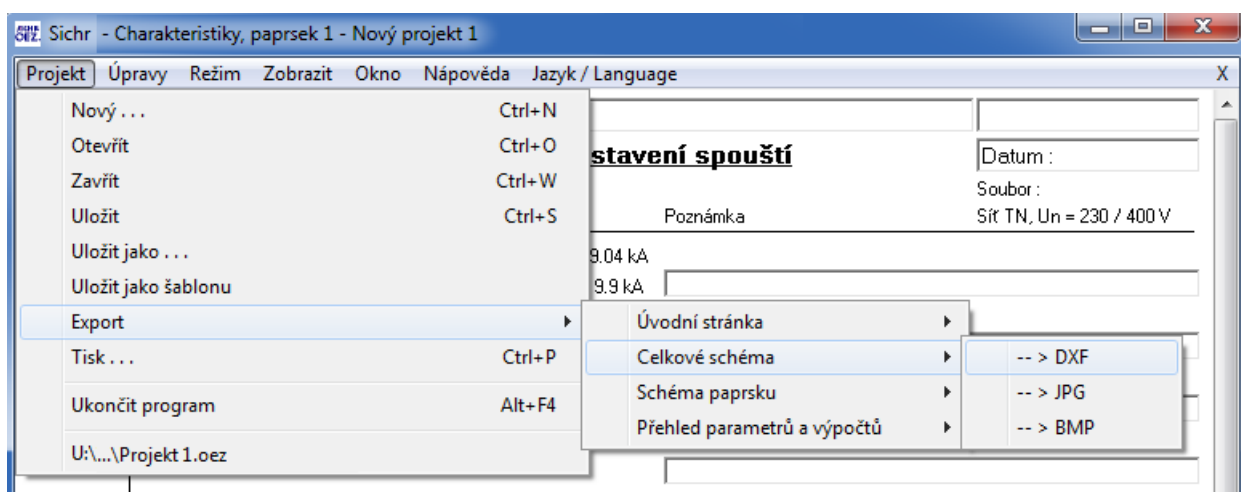
### 3. Instalace a registrace

Program Sichr pracuje pod operačními systémy Windows (XP a novějšími). K instalaci programu může být podle stupně zabezpečení operačního systému třeba administrátorské oprávnění. Instalátor vytvoří zástupce programu v nabídce Start a na pracovní ploše. Program se po svém nainstalování chová jako demoverze, neumožňuje ukládat a tisknout projekty. K uvolnění těchto funkcí je třeba do programu zadat registrační kód, který lze získat na [www.oez.cz](http://www.oez.cz) v části nazvané Modrá planeta. Po zadání registračního kódu již můžeme začít program plně používat.

### 4. Prostředí programu

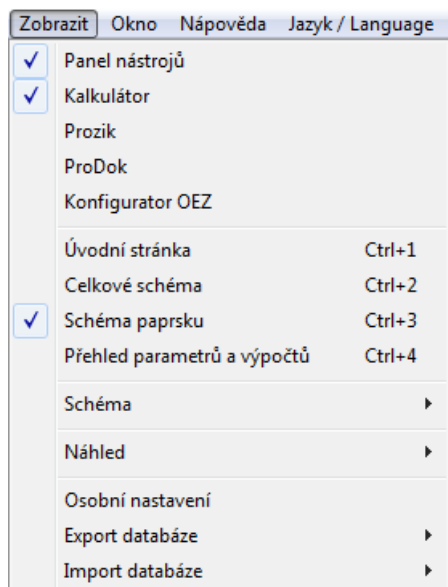
#### 4.1. Ovládání

Hlavní okno programu má na svém horním okraji standardní hlavní menu. Najdeme zde položky známé z ostatních programů pro Windows (obr. 1).

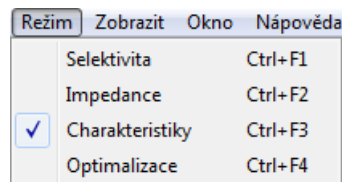


obr. 1

Následují položky pro přepínání mezi jednotlivými částmi projektu (obr. 2) a režimy výpočtu (obr. 3).

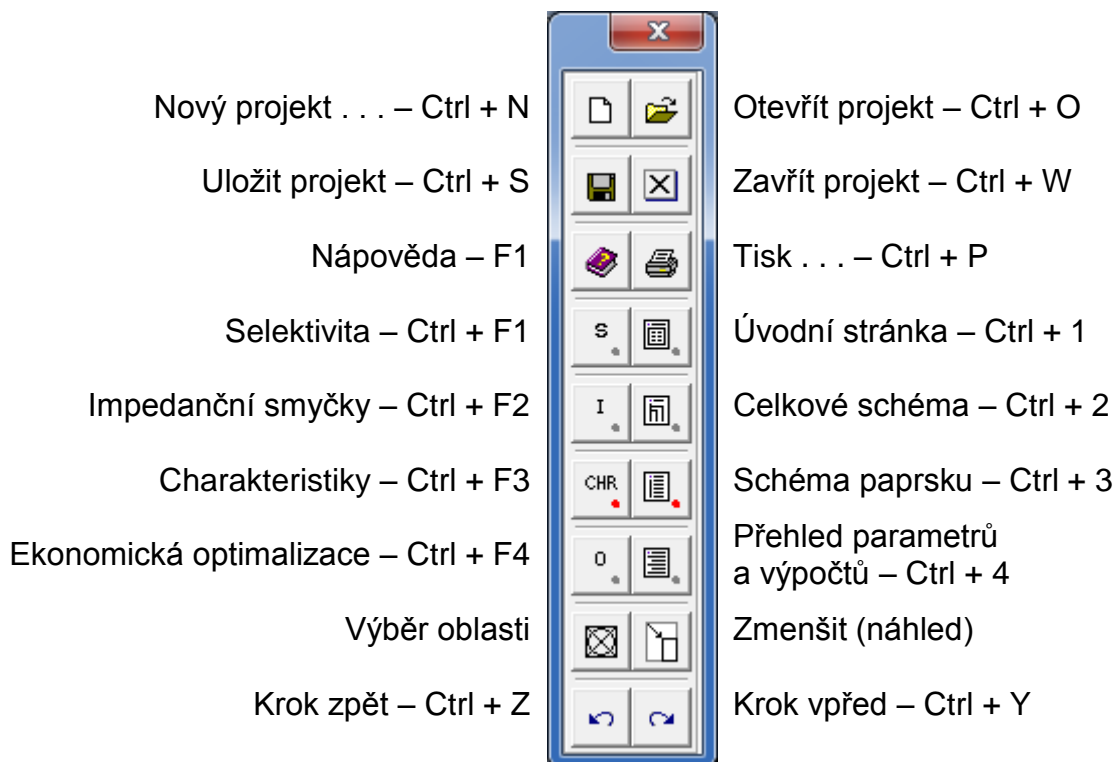


obr. 2



obr. 3

K snadnému ovládní programu slouží kromě hlavního menu také panel nástrojů (obr. 4) s tlačítky vyvolávajícími nejpoužívanější funkce.



obr. 4



Dalším volitelně zobrazitelným oknem (viz hlavní menu na obr. 2) je kalkulátor (obr. 5), který slouží k vzájemnému přepočítávání proudů na výkony a zpětně výkonů na proudy v závislosti na počtu fází, napětí a účinníku. Při najetí kurzorem myši na schéma paprsku nebo na celkové schéma tento kalkulátor přebírá typ sítě a proudy ve vybraném bodě rozvodu.

## 4.2. Části projektu

Obsah hlavního okna volíme z hlavního menu (obr. 2) nebo snadněji pomocí tlačítek na panelu nástrojů (obr. 4).

### 4.2.1. Úvodní strana

Na „Úvodní straně“ (obr. 6) nalezneme (stejně jako na ostatních listech) hlavičku s všeobecnými informacemi, jako je název projektu, jméno projektanta a název projekční kanceláře. V pravém horním rohu jsou dvě editační pole, z nichž jedno obsahuje datum a druhé může být použito pro spisové číslo dokumentu. Následuje stručný přehled norem, podle kterých program počítá, a soupiska použitého materiálu s označením příslušného prvku ve schématu, s jeho typovým označením a počtem použitých kusů nebo metrů v případě kabelů. Tento seznam slouží jako prvotní podklad pro objednávku materiálu. Proto například u kabelů není uvedena délka vedení (které může být realizováno jednožilovými kabely a složeno z několika paralelních větví), ale celková potřebná délka kabelu.

3f	1f
I [A]	
L1	155
L2	186
L3	162
U [V] TNC-S	
231	/ 400
S [kVA]	
116.2	
P [kW]	
110.4	
Q [kVAr]	
36.3	
cos fi	
0.95	

obr. 5

Projekt : Hlavní rozvod  
 Autor : OEZ, s.r.o. Datum :  
**Všeobecné informace a soupiska materiálu** Soubor : Projekt 1

Sít TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.  
 K ověření selektivity byly použity údaje výrobce.  
 K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, PNE 33 0000-1 ed. 5, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.  
 K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce.  
 Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma.  
 Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0.

Označení	Typ	Množství
	Soupiska strojů, přístrojů a vodičů	
	Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení.	
	Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu.	
	Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu.	
1F2	* FD1-3...	1 ks
	PHNA1 100A gG	3 ks
1L4	CYKY4x25	10 m
1Q5	BD250NE305	1 ks
	SE-BD-0100-DTV3	1 ks
	ZV-BD-0250-300	1 ks
	CS-BD-T011	2 ks
	CS-BD-PS01	1 ks
	CS-BD-PS01	1 ks
	OD-BHD-KS02	1 ks
	PS-BHD-0010	1 ks
	SP-BHD-X230	1 ks
	MP-BD-X230	1 ks
1Q9	LPN-50B-3	1 ks

obr. 6

Přístroje z produkce OEZ jsou uvedeny pouze v základním provedení, tedy například jistič v pevném provedení s předním přívodem bez pomocných spínačů, spouště a pohonu. Některé přístroje, označené hvězdičkou ve druhém sloupci (viz pojistkový odpínač 1F2 na obr. 6), nemají uvedeno kompletní typové označení. Upřesnění je možné provést s použitím příslušného katalogu nebo pomocí programu Konfigurátor OEZ.

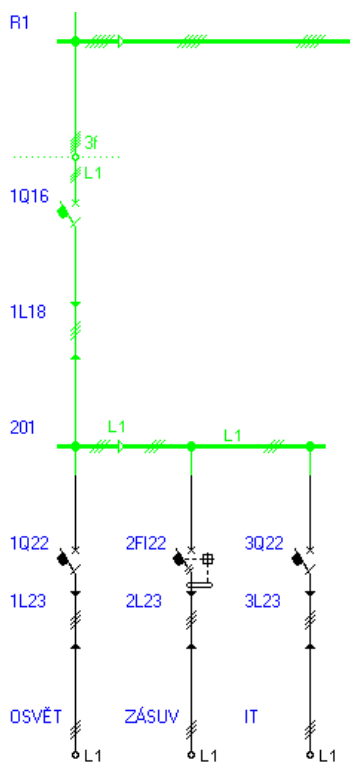
Poklepáním na zvolený řádek soupisky nebo výběrem řádku a stisknutím tlačítka se symboly náradí (Konfigurovat) vpravo od soupisky spustíme Konfigurátor OEZ a můžeme příslušný prvek konfigurovat. V závislosti na konkrétním prvku lze volit například připojovací sady, pomocné spínače a spouště, pohony a podobně. Uložením seznamu dílů se výběr promítne do soupisky materiálu v Sichru (viz jistič 1Q5 na obr. 6).

V okamžiku, kdy je soupiska hotová, je možné opět zavolat Konfigurátor. Provedeme to stisknutím tlačítka se symbolem  $\Sigma$  (Sečti cenu). Do konfiguratoru se načte celá soupiska a vyhotoví se tabulka s objednávkami i EAN kódy a nabídkovými cenami.

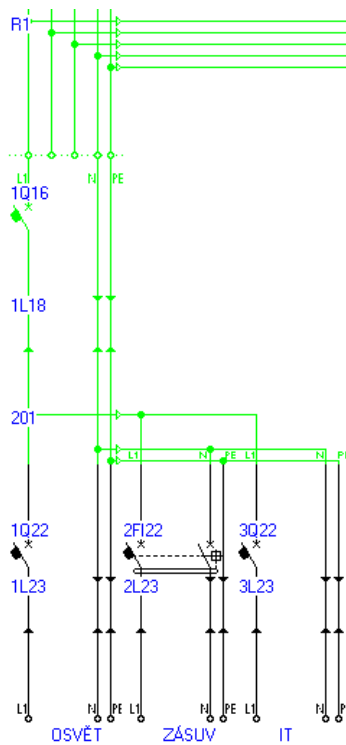
Horní tlačítko slouží k přepnutí z tabulkového do textového režimu soupisky, ze kterého lze kopírovat i části jednotlivých řádků. Naproti tomu v tabulkovém režimu je možné měnit pořadí sloupců přesunováním jejich záhlaví myší za současného držení klávesy Ctrl nebo celou úvodní stranu pomocí dalšího tlačítka uložit do souboru ve formátu XLS.

#### 4.2.2. Celkové schéma

Celkové schéma si můžeme představit jako „tabulku“, která má 25 řádků a může mít až 500 sloupců. Znamená to, že každý paprsek má 25 pozic pro vkládání prvků schématu a paprsků může být až 500. V prázdném projektu je připraven jeden paprsek rozvodu, začínající zdrojem a končící vývodem. V případě nejrozšířenější sítě TN 230/400 V je výchozím stavem trojfázová síť TN-C s přednastavenou maximální dobou odpojení od zdroje při poruše 0,4 s. Schéma lze zobrazit jako přehledové, kdy je schéma nakresleno jednou čarou, nebo detailně (obr. 7).



obr. 7a

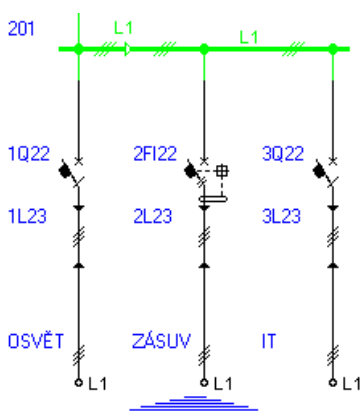


obr. 7b

K přepínání mezi jednotlivými zobrazeními slouží klávesová zkratka Ctrl + 5. Úpravy schématu se provádí najetím myši na zvolené místo a stisknutím jednoho z tlačítek. Při stisknutí levého tlačítka myši je k dispozici kompletní nabídka, při stisknutí pravého tlačítka je možné provádět operace se schránkou, případně úpravu dříve vloženého prvku schématu. Pro poslední jmenovanou funkci je rovněž k dispozici tlačítko, které se zobrazuje při najetí kurzoru myši na příslušný prvek. Větvení do jednotlivých paprsků provádíme vkládáním sběrnic, které představují rozváděče. Na zvolená místa můžeme vložit také přechody ze sítě TN-C na TN-S, případně ze sítě trojfázové na síť jednofázovou.

V celkovém schématu je rovněž výhodné nastavovat maximální dobu odpojení od zdroje pro jednotlivé části rozvodu. V režimu Impedance je nastavená maximální doba odpojení od zdroje patrná také z barvy jednotlivých částí schématu (obr. 7).

Ostatní prvky, jako jsou jističe, pojistky, proudové chrániče či kabely, vkládáme do schématu až poté, co jsme nastavili typ sítě (TN-C, TN-S, 3f, 1f), protože se jejich nabídka odvíjí od počtu vodičů v daném místě rozvodu. Tyto prvky můžeme rovněž



obr. 9

konkrétního paprsku se proto můžeme přepnout rovněž tak, že v celkovém schématu najedeme kurzorem myši pod zvolený paprsek a klikneme na zobrazenou modrou šipku (obr. 9).

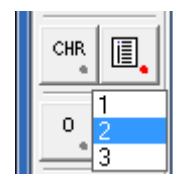
### 4.2.3. Schéma paprsku

Na zobrazení ve schématu paprsku má vliv zvolený režim výpočtu.

Základním režimem je režim „**Charakteristiky**“, kde probíhá výpočet počátečního rázového zkratového proudu  $I_k$ , nárazového zkratového proudu  $i_p$  a úbytku napětí. Provádí se zde kontrola zkratové vypínací, zkratové zapínací a podmíněné zkratové schopnosti jednotlivých přístrojů a také správnosti jistištění kabelů, odpínačů, stykačů a proudových chráničů. Jistištění proti zkratu musí být před jistištěm prvkem, jistištění proti přetížení může být i za ním, pokud mezi ním a jisticím prvkem není vývod nebo sběrnice.

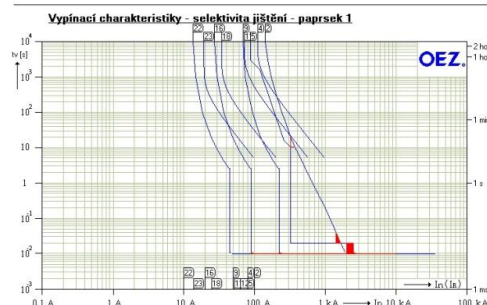
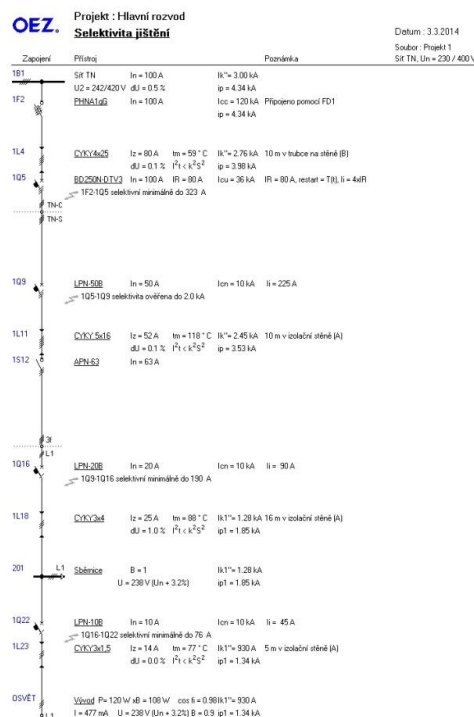
V režimu „**Selektivita**“ se kontroluje vzájemné selektivní působení za sebou zařazených jisticích přístrojů či proudových chráničů. Cílem je dosáhnout toho, aby při

vkládat do celkového schématu, ale protože zde neprobíhají žádné výpočty ani kontroly, neměli bychom zpětnou vazbu, jestli neděláme něco špatně. Proto se raději přepneme do schématu paprsku. To můžeme udělat tak, že klikneme na příslušné tlačítko na panelu nástrojů. Pokud je ve schématu více než jeden paprsek, musíme ještě vybrat jeden z nich (obr. 8).



obr. 8

V případě, že projekt obsahuje větší množství paprsků, může být roleta s jejich seznamem tak dlouhá, že by byl výběr obtížný. Do schématu



obr. 10

poruše vypínal pouze přístroj, který je nejbližší předřazený poruše. Tím se omezí rozsah poruchy na co nejmenší část elektrického rozvodu.

Režim „**Impedance**“ kontroluje správnost funkce ochrany automatickým odpojením od zdroje při poruše. Nejprve je vyčíslena maximální přípustná impedance poruchové smyčky. Ta závisí na nastavené maximální době odpojení a na vypínací charakteristice prvku, který ochranu zajišťuje. S touto hodnotou se pak porovnává impedance poruchové smyčky v námi zadaném obvodu.

V režimu „**Optimalizace**“, neboli „**Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů**“, nám program pomáhá zvolit takový průřez kabelu, aby součet pořizovacích nákladů na kabel a provozních nákladů na elektrické ztráty v něm byl za sledované období co nejnižší. Pokud totiž zvolíme průřez kabelu pouze podle základních kritérií, jako je zatěžovací proud, úbytek napětí a správná funkce automatického odpojení od zdroje, mohou ztráty na kabelu za sledované období (jeho ekonomickou životnost) několikanásobně převýšit jeho pořizovací cenu.

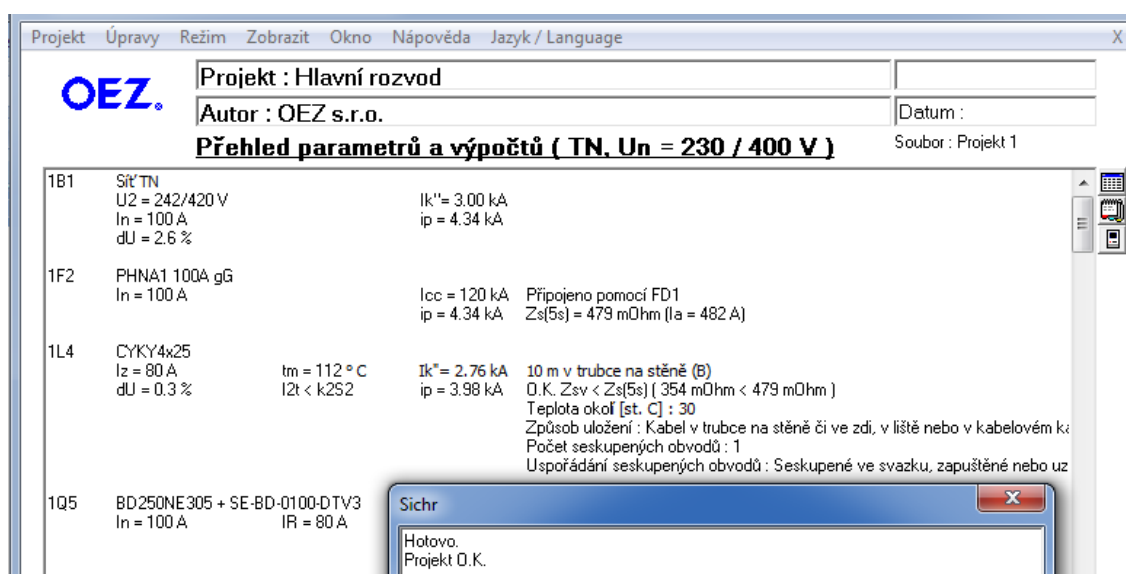
Na levé straně listu „Schéma paprsku“ je schéma zapojení tohoto jednoho paprsku a vpravo od jednotlivých prvků jsou pak uvedeny jejich parametry, vypočtené hodnoty a výsledky provedených kontrol. Úplně vpravo je u každého prvku editační pole, kam si můžeme vložit své vlastní poznámky.

Ve spodní části této stránky je rastr s přetěžovacími charakteristikami kabelů a vypínacími charakteristikami prvků tohoto paprsku. V režimu impedančních smyček jsou v rastru vyznačeny použité maximální doby odpojení se zvýrazněnými hodnotami „proudů  $I_a$ , vyvolávajících automatickou funkci jednotlivých přístrojů způsobujících odpojení v době stanovené v ČSN 33 2000-4-41 ed. 2“. V režimu „**Selektivita**“ jsou zde potom zvýrazněny kolize jednotlivých vypínacích charakteristik (obr. 10).

Přepínání mezi jednotlivými paprsky je možné pomocí klávesových zkratk Ctrl + šipka vpravo pro přepnutí na následující a Ctrl + šipka vlevo pro přepnutí na předcházející paprsek.

#### **4.2.4. Přehled parametrů a výpočtů**

Je vidět, že se ve schématu paprsku v žádném režimu výpočtu neprovádějí současně všechny výpočty ani všechny kontroly, navíc je vždy zobrazen pouze jeden paprsek. Pro celkovou kontrolu projektu je tedy potřeba projít všechny paprsky a provést výpočty a kontroly ve všech režimech výpočtu. K tomu slouží tato poslední část projektu, přehled parametrů a výpočtů.



obr. 11

Program přepíná postupně mezi všemi paprsky a všemi režimy výpočtu a výsledky ukládá do jedné společné tabulky. V této tabulce je vždy uvedeno označení prvku ve schématu, jeho parametry a veškeré výsledky výpočtů a kontrol. Na závěr je zobrazen souhrnný výsledek, kde jsou soustředěna všechna případná chybová hlášení nebo oznámení, že je „Projekt O.K.“ (obr. 11). Vpravo od tabulky výsledků jsou tři tlačítka. Tlačítko „Tabulka/Text“ slouží k přepínání režimu zobrazení z textového na tabulkový a zpět. Tabulkové zobrazení umožňuje označování nejen řádků, ale i sloupců (obr. 12), čímž umožňuje využití textů, které se na této stránce nacházejí, i v jiných částech technické dokumentace, než je výpis z programu SICHr.

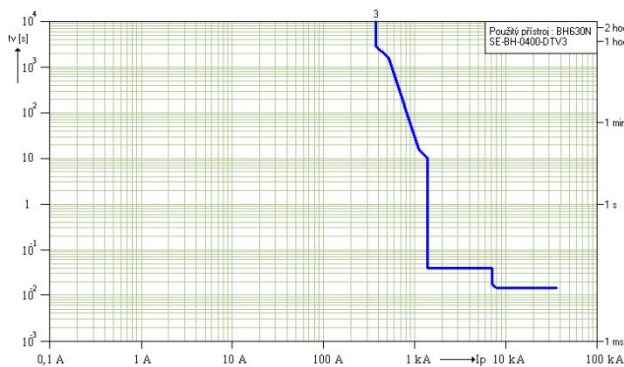
Označení	Parametry	Výpočty	Selektivita
1T1	ELIN 22/0.42	$I_k'' = 8.49 \text{ kA}$	
	$S_r = 250 \text{ kVA}$	$i_p = 16.5 \text{ kA}$	
	$U_2 = 242/420 \text{ V}$	$dU = 0.0 \%$	
	$u_k = 4 \%$	$Z_s(5s) = 55 \text{ m}\Omega$ ( $I_a = 4.23 \text{ kA}$ )	
	$I_n = 344 \text{ A}$		
	Parametry VN sítě: $S_k = 500 \text{ MVA}$ ; $X/R = 10$		
	VN pojistky PM45, 22/25kV, 16A		
1Q3			
1Q3	BH630NE305 + SE-BH-0400-DTV3	$i_o = 15.5 \text{ kA}$	1F0-1Q3 selektivní minimálně do 6.3 kA
	$I_{cu} = 36 \text{ kA}$	$Z_s(5s) = 152 \text{ m}\Omega$ ( $I_a = 1.52 \text{ kA}$ )	
	$I_n = 400 \text{ A}$		
	$I_R = 345 \text{ A}$		
	$I_i = 4 \times I_R$		
	restart = T(t)		

obr. 12

V tabulkovém formátu jsou údaje rozděleny do sloupců tak, že první sloupec obsahuje označení jednotlivých prvků ve schématu a ve druhém jsou souhrnné údaje o příslušném prvku. Například u jističe Modeion se jedná o typové označení spínacího bloku a nadproudové spouště, mezní zkratovou vypínací schopnost spínacího bloku a přesné nastavení jednotlivých parametrů nadproudové spouště. Tento blok informací je možné snadno pomocí myši označit, zkopírovat do schránky Windows a následně jej vložit do jakéhokoli elektronického dokumentu projektové dokumentace. Ve třetím sloupci jsou pak soustředěny veškeré provedené výpočty, jako jsou efektivní hodnota počátečního rázového zkratového proudu, špičková hodnota nárazového zkratového či omezeného proudu, úbytky napětí na kabelech a výsledná napětí na sběrnicích a vývodech. V tomto sloupci jsou rovněž výsledky vyhodnocení impedance smyčky pro správnou funkci ochrany automatickým odpojením od zdroje, případné chyby v jištění kabelů, odpínačů a proudových chráničů a souhrnné údaje o ekonomické optimalizaci průřezů kabelů, pokud byla provedena. Čtvrtý sloupec je vyhrazen výsledkům kontroly selektivity. Pořadí jednotlivých sloupců je možné libovolně měnit přetažením jejich hlavičky na nové místo pomocí

OEZ.

1Q3  
BH630NE305 + SE-BH-0400-DTV3  
 $I_{cu} = 36 \text{ kA}$   
 $I_n = 400 \text{ A}$   
 $I_R = 345 \text{ A}$   
 $I_i = 4 \times I_R$   
restart = T(t)



obr. 13

myši za současného držení klávesy Ctrl.

Pomocí tlačítka „Export XLS“ je možné celou tabulku přímo uložit na disk ve formátu XLS pro archivaci či další zpracování.

Pomocí tlačítka „Nastavení nadproudových spouští“ je možné zobrazit nadproudové spouště použitých jističů s upřesňujícím popisem a jejich vypínacími charakteristikami společně pro všechny jističe použité v projektu ve formě HTML dokumentu (obr. 13). Stránky tohoto dokumentu je také možné zařadit do tiskové sestavy hned za přehled parametrů a výpočtů.

### **4.3. Názvosloví**

**A, B, C, D, E, F, G** uložení vodičů podle ČSN 33 2000-5-52 ed. 2

**Al** hliníkové jádro vodiče

**B** koeficient soudobosti ( $\beta$ ) zatížení vývodu ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

**cos  $\varphi$**  účinník ( $\cos \varphi$ )

**Cu** měděné jádro vodiče

**dU** úbytek napětí je uveden v % jmenovitého napětí sítě

**I** proud vývodu/obvodu

**I<sub>1</sub>** jmenovitá vypínací schopnost pojistek

**I<sub>a</sub>** proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobujícího odpojení ve stanovené době

**I<sub>cm</sub>** jmenovitá zkratová zapínací schopnost přístroje (špičková hodnota)

**I<sub>cn</sub>** jmenovitá vypínací schopnost jističů MCB (efektivní hodnota)

**I<sub>cc</sub>** jmenovitý podmíněný zkratový proud pojistkových odpínačů

**I<sub>cu</sub>** jmenovitá mezní vypínací schopnost jističů MCCB (efektivní hodnota)

**I<sub>dn</sub>** jmenovitý reziduální proud ( $I_{\Delta n}$ )

**I<sub>g</sub>** nastavení zemní spouště

**I<sub>i</sub>** nastavení nezávislé okamžité spouště (zkratové)

**I<sub>k</sub>"** počáteční rázový zkratový proud (efektivní hodnota)

**I<sub>n</sub>** jmenovitý proud přístroje, u jističů dán zpravidla použitou spouští

**I<sub>nc</sub>** jmenovitý podmíněný zkratový proud chráničů a odpínačů

**i<sub>o</sub>** omezený proud (špičková hodnota)

**i<sub>p</sub>** nárazový zkratový proud (špičková hodnota)

**I<sub>p</sub>** předpokládaný proud (efektivní hodnota)

**I<sub>R</sub>** redukováný jmenovitý proud nastavený regulačními prvky spouště

**I<sub>sd</sub>** nastavení nezávislé zpožděné spouště (selektivní)

**I<sup>2</sup>t<sub>OFF</sub>** vyřazená funkce  $I^2t = \text{konst.}$  u zkratové nezávislé zpožděné spouště

**I<sup>2</sup>t<sub>ON</sub>** zařazená funkce  $I^2t = \text{konst.}$  u zkratové nezávislé zpožděné spouště

**I<sup>2</sup>t<sub>td</sub>** zařazená funkce  $I^2t = \text{konst.}$  u okamžité spouště zpožděné

**I<sup>2</sup>t<sub>tg</sub>** zařazená funkce  $I^2t = \text{konst.}$  u zemní spouště

**I<sub>z</sub>** dovolené zatížení krajního vodiče




**k** přepočítací součinitel proudové zatížitelnosti kabelu

**S<sub>L</sub>** průřez krajního vodiče

**mOhm** miliohm ( $m\Omega$ )

**P** činný příkon

**S<sub>PEN</sub>** průřez PEN vodiče

$P_k$	ztráty nakrátko transformátoru
$R_a$	součet odporů zemniče a ochranného vodiče k neživé části
<b>restart</b>	způsob funkce spouště s tepelnou pamětí vypnutou $T_{(o)}$ nebo zapnutou $T_{(t)}$
$R_L$	odpor krajního vodiče
$R_0, X_0$	složky netočivé impedance vedení
$R_1, X_1$	složky sousledné impedance vedení
$R_{PEN}$	odpor PEN vodiče
$R_{20}$	odpor vedení při 20 °C
<b>S</b>	zdánlivý příkon (u vývodu při jmenovitém napětí)
$S_k$	zkratový výkon vn síť
$S_r$	zdánlivý výkon transformátoru
<b>T1</b>	značení prvního stupně přepětových ochran v třístupňové ochraně před přepětím
<b>T2</b>	značení druhého stupně přepětových ochran v třístupňové ochraně před přepětím
<b>T3</b>	značení třetího stupně přepětových ochran v třístupňové ochraně před přepětím
<b>tau</b>	časová oteplovací konstanta vedení
$t_{sd}$	zpoždění nezávislé zpožděné spouště
$t_g$	zpoždění zemní spouště
$t_m$	max. teplota vedení při vypínání přetížení
$t_{max1}$	max. dovolená teplota jádra vedení při přetížení
$t_{max2}$	max. dovolená teplota jádra vedení při zkratu
$t_n$	max. dovolená provozní teplota kabelu
$T_{(o)}$	tepelná paměť vypnuta
$T_{(t)}$	tepelná paměť zapnuta
$t_R$	vypínací čas při specifikovaném násobku jmenovitého proudu
$t_{sd}$	zpoždění zkratové nezávislé zpožděné spouště
<b>U</b>	napětí v daném místě rozvodu
$U_n$	jmenovité napětí sítě
$U_n +/-xx\%$	napětí v daném místě rozvodu vyjádřené pomocí odchylky v % od jmenovitého napětí $U_n$ sítě (+ xx % pro přepětí, - xx% pro podpětí)
$U_0$	jmenovité střídavé napětí proti zemi
$U_1$	primární napětí transformátoru [kV]
$U_2$	sekundární napětí transformátoru [V]
$u_k$	napětí nakrátko transformátoru
$X_L$	induktance krajního vodiče
$X_{PEN}$	induktance PEN vodiče
$Z_s(x s)$	impedance poruchové smyčky pro odpojení ve stanovené době x sekund, určená pomocí vypínací charakteristiky jisticího přístroje (proud $I_a$ ) a napětí proti zemi $U_0$
$Z_{sv}$	impedance poruchové smyčky vypočtená z vedení a příspěvků ostatních prvků obvodu
	předpokládané místo zkratu
	upozornění na přetížení
	upozornění na nutnost přizemnění



značka opakování

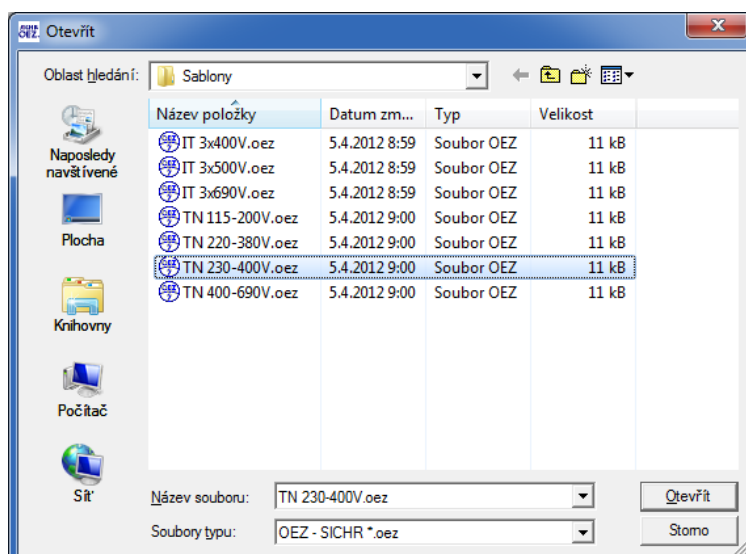
#### **4.4. Klávesové zkratky**

<b>Esc</b>	návrat zpět
<b>F1</b>	nápověda, manuál
<b>Alt + F4</b>	ukončení programu
<b>Ctrl + J</b>	nastavení výchozího rozměru hlavního okna programu
<b>Ctrl + T</b>	nastavení adresáře pro dočasné ukládání souborů programu Sichr
<b>Ctrl + N</b>	nový projekt
<b>Ctrl + O</b>	otevřít existující projekt
<b>Ctrl + W</b>	zavřít zobrazený projekt
<b>Ctrl + S</b>	uložit projekt
<b>Ctrl + P</b>	tisk
<b>Ctrl + C</b>	kopírovat
<b>Ctrl + X</b>	vyjmout
<b>Ctrl + V</b>	vložit
<b>Del</b>	vymazání prvku
<b>Ctrl + Z</b>	krok zpět
<b>Ctrl + Y</b>	krok vpřed
<b>Ctrl + L</b>	(v celkovém schématu) přepnutí do zhuštěného zobrazení prodloužených paprsků
<b>Ctrl + K</b>	(v celkovém schématu) přepnutí do volného zobrazení prodloužených paprsků
<b>Ctrl + →</b>	(Ctrl+šipka vpravo ve schématu paprsku) přepnutí na následující paprsek
<b>Ctrl + ←</b>	(Ctrl+šipka vlevo ve schématu paprsku) přepnutí na předchozí paprsek
<b>Ctrl + F1</b>	režim selektivita
<b>Ctrl + F2</b>	režim impedance
<b>Ctrl + F3</b>	režim charakteristiky
<b>Ctrl + F4</b>	režim optimalizace
<b>Ctrl + 1</b>	úvodní stránka
<b>Ctrl + 2</b>	celkové schéma
<b>Ctrl + 3</b>	schéma paprsku
<b>Ctrl + 4</b>	přehled parametrů a výpočtů
<b>Ctrl + 5</b>	zobrazení detailního schématu
<b>Ctrl + 6</b>	zobrazení přehledového schématu



## 5. Projekt

Při tvorbě projektu je nutné se nejprve rozhodnout, zda se bude jednat o síť TN nebo IT a jaké bude její jmenovité napětí. Po spuštění programu pomocí zástupce na ploše nebo v nabídce Start se vždy otevře prázdný projekt sítě TN-C se jmenovitým napětím 230/400 V. Pokud chceme pracovat se sítí IT nebo s jiným jmenovitým napětím, musíme nejdříve vybrat příslušnou šablonu. Později to již udělat nelze. Stiskneme tlačítko „Nový projekt . . .“ na panelu nástrojů a vybereme jednu z nabízených šablon (obr. 14). Stejnou operaci provedeme rovněž v případě, že chceme

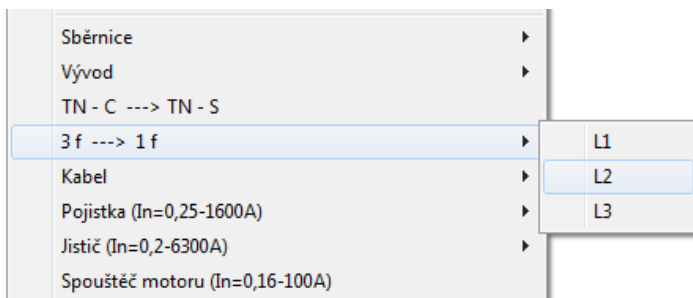


obr. 14

souběžně se stávajícím projektem

otevřít nový, prázdný projekt. Projektů může být současně otevřeno až 10, k přepínání mezi nimi slouží položka „Okno“ v hlavním menu případně klávesová zkratka Ctrl + Tab.

Pro začátek máme připraven jeden paprsek našeho nového projektu. Začíná zdrojem s nulovou vnitřní impedancí (nekonečně tvrdým zdrojem) na první pozici a končí vývodem s nulovým proudem na poslední, 25. pozici. Nyní se pomocí panelu nástrojů přepneme do celkového schématu a vytvoříme kostru našeho projektu. Na místa, kde plánujeme rozváděče, vložíme sběrnici a připojíme k ní tolik paprsků, kolik potřebujeme. Sběrnice v programu nemá žádné fyzikální vlastnosti jako impedanci nebo zatěžovací proud, je pouze místem rozbočení. Vkládání sběrnic a ostatních prvků je popsáno v následující kapitole. Dále zvolíme místo



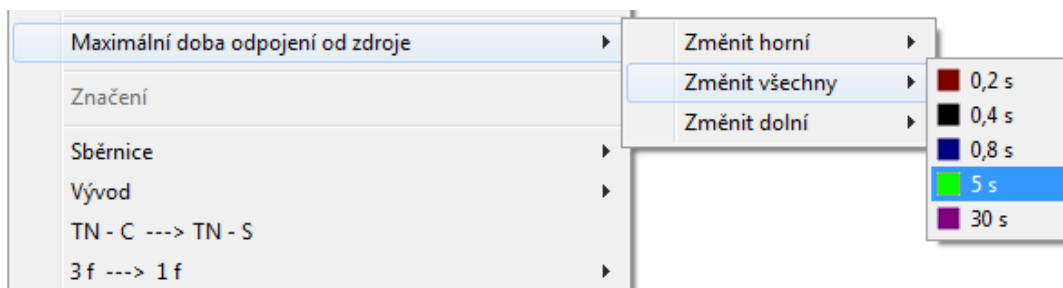
obr. 15

schématu můžeme vložit i další vývody, které mohou být kdekoli v průběhu paprsku, tedy nejenom na jeho konci.

Nyní je také vhodná chvíle na stanovení maximální doby odpojení od zdroje při poruše v jednotlivých částech rozvodu. V TN síti 230/400 V je přednastavena nejnižší hodnota 0,4 s pro koncové obvody do 32 A. Klikneme na zvolené místo a z menu vybereme položku „Maximální doba odpojení od zdroje“ (obr. 16).

(místa), kde bude síť TN-C přecházet v síť TN-S, tedy místo rozdělení vodiče PEN na vodiče PE+N. Klikneme na toto místo schématu a z menu vybereme položku TN-C ---> TN-S. Stejným způsobem označíme místa, kde z trojfázového rozvodu chceme pokračovat již pouze jednofázovým.

Z menu vybereme položku 3f ---> 1f a zvolíme konkrétní fázi (obr. 15). Do



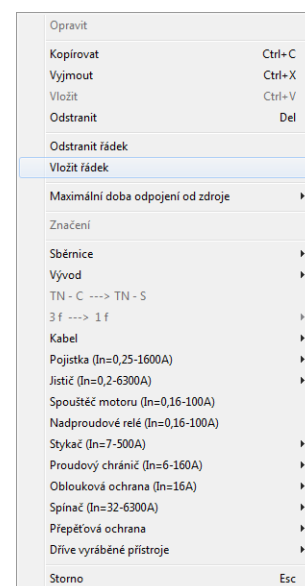
obr. 16

Časy se liší podle napětí proti zemi, tedy pro sítě TN, IT a různá jmenovitá napětí. Jednotlivým hodnotám jsou přiřazeny barvy, kterými jsou pak v režimu impedance jednotlivé části schématu obarveny (obr. 7). Můžeme najednou změnit nasavení pro celý projekt (Změnit všechny), od tohoto místa nahoru (Změnit horní) nebo od tohoto místa dolů (Změnit dolní). Podmínkou je, že se doba odpojení nesmí ve směru od zdroje ke spotřebiči prodlužovat. Máme tedy hotovou kostru projektu. Abychom mohli zodpovědně zvolit napájecí zdroj, pustíme se do výkonové bilance. Budeme postupovat v celkovém schématu odspoda nahoru a zadáme odběry v jednotlivých vývodech. Protože vývod zpravidla nepředstavuje jeden jediný spotřebič ale celou skupinu spotřebičů, volíme jednak celkový instalovaný příkon a k němu činitel soudobosti  $\beta$ , který vyjadřuje míru využití tohoto příkonu. Činitel soudobosti můžeme zadat i u sběrnic. Výsledkem provedení výkonové bilance je vyčíslení výpočtového proudu, který potřebujeme od zdroje.

Na základě jeho velikosti tedy zvolíme napájecí zdroj. Před jeho výběrem je vhodné přepnout zobrazení do schématu paprsku, kde máme k dispozici parametry jednotlivých prvků a průběžné výsledky výpočtů a kontrol. Po vložení konkrétního zdroje známe jeho parametry, jako je jeho jmenovitý proud a velikost zkratového proudu na jeho svorkách. Na základě těchto znalostí můžeme zvolit jištění transformátoru a postupovat opačným směrem, tedy shora dolů. Postupně vkládáme kabely, jisticí a další přístroje do všech paprsků, až je projekt zcela hotový. Následovat musí celková kontrola projektu buď procházením všech paprsků ve všech režimech výpočtů, nebo lépe zobrazením přehledu parametrů a výpočtů. Uložení a tisk projektu bude popsán níže. Nyní se naučíme vkládat do projektu jednotlivé prvky.

## 5.1. Vkládání prvků

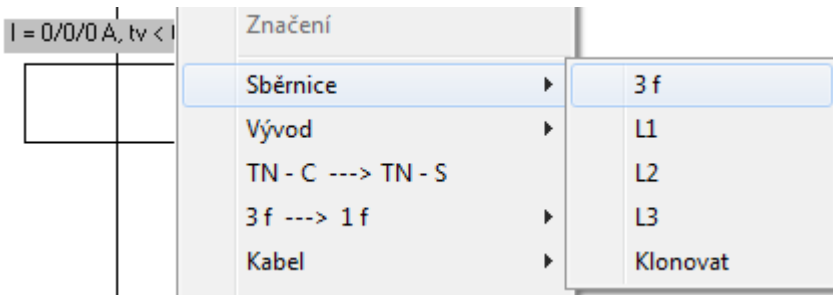
Jednotlivé prvky lze vkládat jak do celkového schématu, tak do schématu paprsku. Při najetí kurzorem myši na schéma se objeví obdélníkové políčko určující pozici pro vložení prvku. Kliknutím levým tlačítkem myši dovnitř tohoto obdélníku se objeví menu, ze kterého můžeme vybrat požadovaný prvek (obr. 17). Pokud na místě, kam prvek potřebujeme vložit, již není volná pozice, vybereme „Vložit řádek“. Prvek na vybrané pozici a všechny ostatní pod ním se posunou o jednu pozici níže, čímž vznikne volná pozice. Pokud naopak potřebujeme získat volné místo na konci paprsku, klikneme na některou z volných pozic a vybereme „Odstranit řádek“. Vše, co následuje, se posune o jednu pozici nahoru.



obr. 17

### 5.1.1. Sběrnice

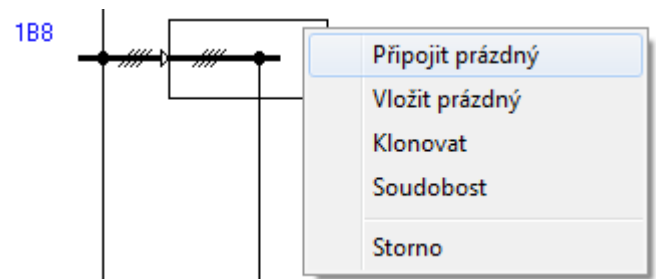
Sběrnice v programu představují rozváděče. Vybereme místo v rozvodu, kde chceme mít



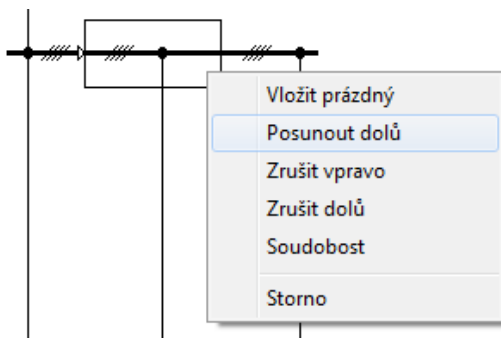
obr. 18

rozváděč, a klikneme levým tlačítkem myši na schéma (obr. 18). Můžeme vložit sběrnici jednofázovou, napojenou na zvolenou fázi, nebo sběrnici trojfázovou. Vloží se sběrnice a vpravo od vybrané pozice vznikne nový paprsek. Pokud zvolíme položku „Klonovat“, okopírují se

do tohoto nově vzniklého paprsku navíc ještě prvky z paprsku stávajícího. Další paprsek ke sběrnici připojíme kliknutím na její pravý konec (obr. 19). Nový paprsek můžeme připojit vpravo od zvoleného místa volbou „Připojit prázdný“ nebo na zvolené místo volbou „Vložit prázdný“. V tomto případě se nový paprsek vloží na místo stávajícího a stávající se posune o jednu pozici doprava. Kliknutím myši na jeden ze



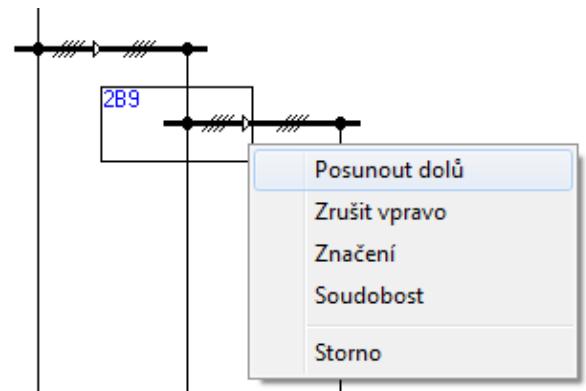
obr. 19



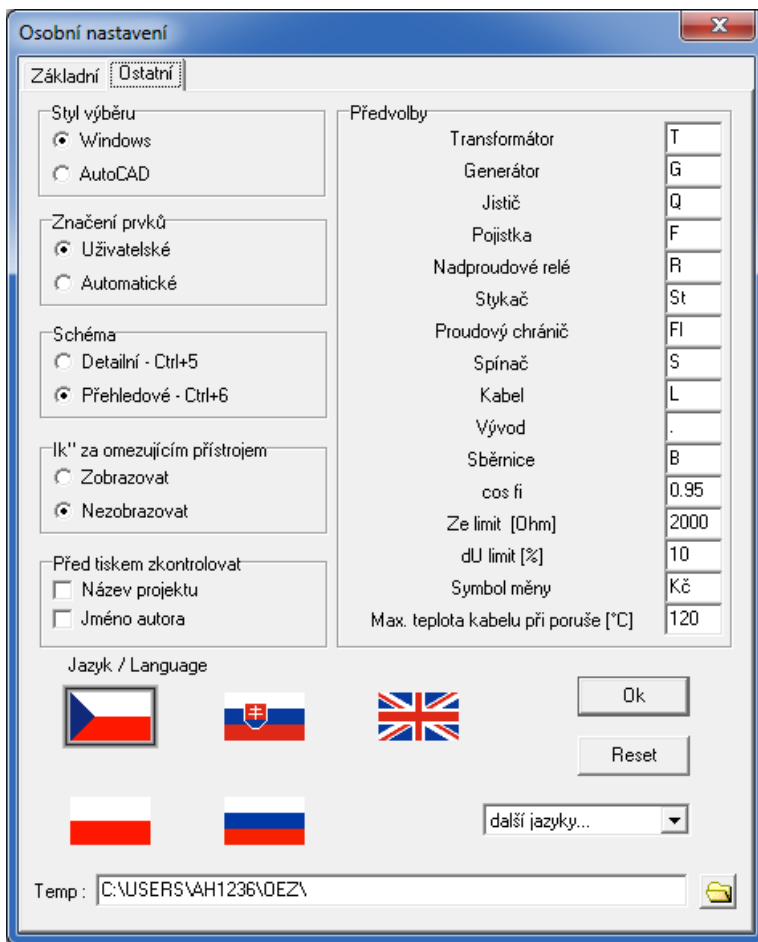
obr. 20

středových paprsků na sběrnici máme na výběr z následujících možností (obr. 20): „Zrušit dolů“ způsobí vymazání paprsku od zvoleného místa dolů a všech paprsků, které jsou k tomuto paprsku připojeny. „Zrušit vpravo“ znamená vymazání všeho, co je připojeno vpravo od zvoleného

místa. Při volbě „Posunout dolů“ se sběrnice rozpojí na dvě a další volbou „Posunout dolů“ (obr. 21) získáme místo na vložení kabelu nebo jisticího přístroje.



obr. 21

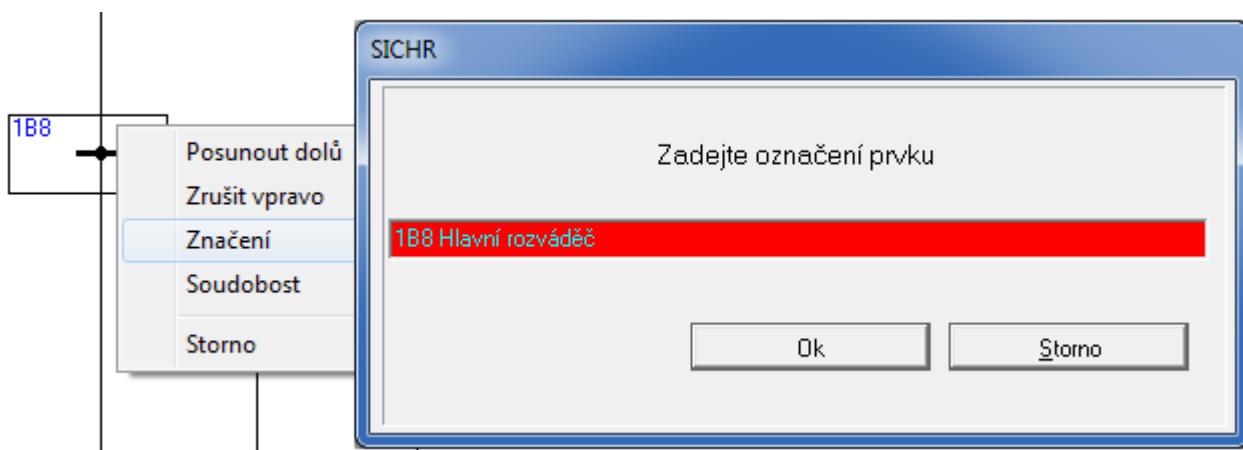


obr. 22

Ve schématu má každý prvek své označení, aby byla možná jeho jednoznačná identifikace. Stejně je tomu i u sběrnic. Program každému prvku přiřadí automatické označení, které se skládá ze tří částí. První číslo je číslo sloupce v pomyslné tabulce, tedy pořadové číslo paprsku zleva. Následuje oddělovač, v případě sběrnice přednastavený na **B**. Oddělovače pro jednotlivé prvky lze změnit v Hlavním menu / Zobrazit / Osobní nastavení (obr. 22 vpravo). Třetí částí označení je pak číslo řádku v pomyslné tabulce, tedy pořadové číslo prvku shora.

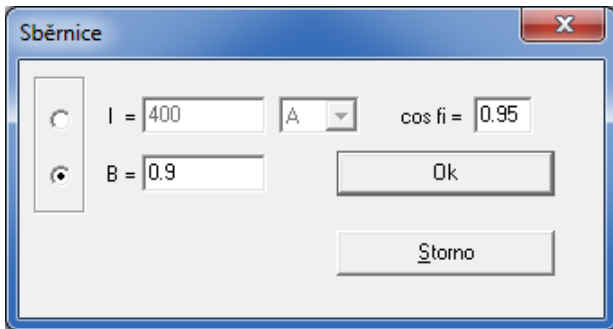
Pokud je v osobních nastaveních povoleno „Uživatelské značení prvků“ (obr. 22 vlevo), je možné toto automatické označení změnit na své vlastní. Klikneme na levý konec sběrnice levým tlačítkem myši a z menu zvolíme „Značení“. Pokud délka nového označení prvku přesáhne určitou mez, editační pole zčervená. Tím program upozorňuje na to, že toto označení může ve výpisech zasahovat do sousedních polí a vést k nepřehlednosti či dokonce nečitelnosti výpisů (obr. 23).

polí a vést k nepřehlednosti či dokonce nečitelnosti výpisů (obr. 23).

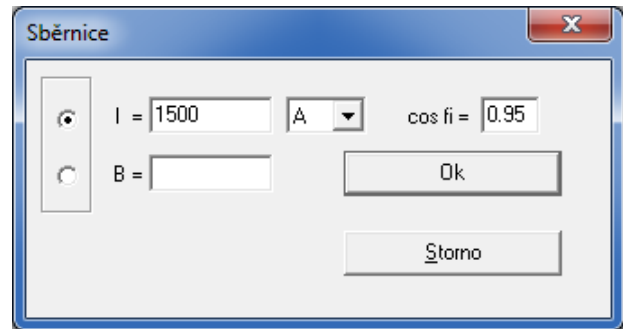


obr. 23

Poslední operací se sběrnicemi, kterou si ukážeme, je volba činitele soudobosti. Opět klikneme levým tlačítkem myši na levou část sběrnice a z menu vybereme „Soudobost“. Soudobost můžeme u sběrnic volit dvěma způsoby. Buď zadáním činitele soudobosti (obr. 24a), nebo přepneme přepínač v levé části okna do horní polohy a zadáváme přímo výpočtový proud, který do sběrnice přitéká (obr. 24b).



obr. 24a

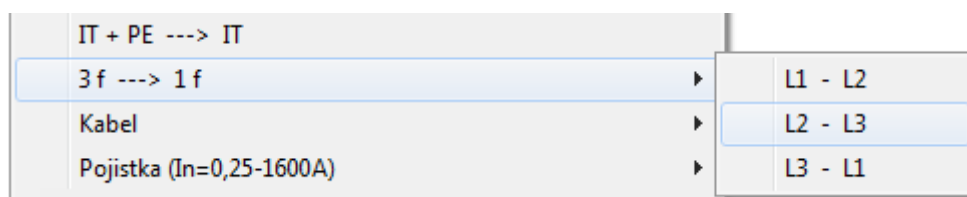


obr. 24b

Druhý způsob využijeme například tehdy, když do existujícího rozváděče přidáváme další vývody a do projektu v Sichru zadáváme pouze tyto nové. Pokud bychom u sběrnice ponechali pouze proud z části vývodů (400 A na obr. 24a) a nezadali skutečný proud odebíraný všemi vývody (1 500 A na obr. 24b), počítal by se špatně úbytek napětí v rozvodu před tímto rozváděčem.

### **5.1.2. Přechody mezi druhy sítí**

Jak bylo uvedeno výše, v již rozpracovaném projektu síť TN na síť IT ani naopak změnit nelze, stejně jako nelze změnit jmenovité napětí sítě. Z výchozí sítě TN-C lze přejít na síť TN-S a z trojfázového rozvodu na rozvod jednofázový. Zvolíme místo (místa), kde bude síť TN-C přecházet v síť TN-S, tedy místo rozdělení vodiče PEN na vodiče PE+N. Klikneme na toto místo schématu a z menu vybereme položku TN-C ---> TN-S. Stejným způsobem označíme místa, kde z trojfázového rozvodu chceme pokračovat již pouze jednofázovým. Z menu vybereme položku 3f ---> 1f a zvolíme konkrétní fázi (obr. 15). V síti IT lze na druhé pozici shora (hned za zdrojem) ukončit ochranný vodič volbou IT+PE ---> IT. Přechod 3f ---> 1f je v síti IT bez vyvedeného středního vodiče spíše přechodem na dvoufázový rozvod. Jednofázové vývody jsou zde totiž připojeny mezi dvě fáze na sdružené napětí (obr. 25).



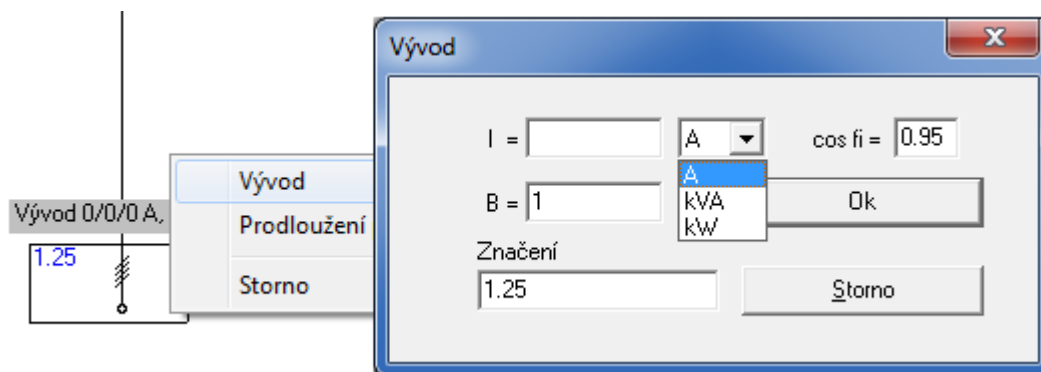
obr. 25

Přechody mezi těmito druhy sítí je nutné provést ještě před vkládáním dalších prvků rozvodu. Nabídka těchto prvků je závislá na druhu sítě. Jedná se zejména o kabely s různým počtem žil, proudové chrániče dvou nebo čtyřpólové a přepětové ochrany v různém zapojení. Dodatečná změna druhu sítě může způsobit nepředvídatelné chyby!

### **5.1.3. Vývody**

Každý paprsek je zakončen vývodem. Aby se vývod nějakým způsobem promítl do výpočtů, musíme nejprve zadat odběr. Pokud bychom to neudělali, nepočítaly by se úbytky napětí a nekontrolovalo by se přetížení. Zadání odběrů je také nezbytné k provedení výkonové bilance,

jak bylo popsáno výše. Vývod je tedy na konci každého paprsku a může být i kdekoli v jeho průběhu. Klikneme na zvolené místo a vybereme „Vývod“. Odběr můžeme zadávat jako proud,



obr. 26

zdánlivý příkon nebo činný příkon (obr. 26). V případě zadávání činného příkonu je třeba věnovat zvláštní pozornost účinnosti  $\cos\varphi$ , který je na panelu označen „cos fi“. Posledním zadávaným technickým parametrem je soudobost. Soudobost odběrů je ve své podstatě poměrně komplikovaná záležitost statistického zpracování mnoha nepřesných, často předem neznámých, údajů. Aby vše nebylo tak jednoduché, upravují řešení této problematiky různé normy různým způsobem. Platná ČSN 34 1610 „Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách“ z roku 1963 vychází ve svých ustanoveních z výkonů jednotlivých odběrů a do koeficientu soudobosti tak započítává i účinnost připojených spotřebičů a účinnost napájecí soustavy. Nazývá jej „součinitel náročnosti“. Rovněž ČSN 33 2130 „Elektrotechnické předpisy – vnitřní elektrické rozvody“, platná od roku 1985, jej nazývá „součinitel náročnosti“ nebo také „soudobost“. Uvažuje ale soudobé příkony jednotlivých bytů a stanovuje soudobost v závislosti na celkovém počtu bytů v daném rozvodu. Postupy a součinitele uvedené v těchto normách upravují díky rozvoji elektrifikace a použitých technologií mnohé novější místní předpisy. Program umožňuje jednoduchým a přitom účinným způsobem řešit tuto problematiku. Princip je až neuvěřitelně jednoduchý. Soudobost se týká vždy skupiny „spotřebičů“ připojených do jednoho místa rozbočení. Pod označením „spotřebič“ si v tomto kontextu můžeme představit buď skutečně jen jedno elektrické zařízení, jak jsme zvyklí, nebo skupinu. Může ale také představovat všechna elektrická zařízení celé dílny nebo provozu, případně několik bytů napájených z hlavního domovního vedení, či několik společně napájených domů na sídlišti. Záleží, kterého místa rozbočení v elektrickém rozvodu se týká. Vždy se jedná o stejný princip. Příkon (proud) přiváděný do sběrnice rozváděče je zpravidla menší, než je součet jmenovitých příkonů (proudů) všech spotřebičů připojených na tuto sběrnici rozváděče. Je to dáno tím, že všechny tyto spotřebiče nejsou v činnosti současně a ani nemusí být naplno zatíženy. Poměr těchto dvou příkonů nazýváme koeficient soudobosti, zkráceně soudobost. Obvykle se označuje řeckým písmenem  $\beta$  (beta). Program Sichr používá pro jeho označení písmeno B. Jak již bylo uvedeno, podle některých předpisů se soudobost neuvádí prostřednictvím tohoto koeficientu, nýbrž přímo soudobým příkonem. Proto Sichr umožňuje zadávat v místech rozbočení, tedy na sběrnicích, buď koeficient soudobosti  $\beta$ , nebo soudobý proud (výpočtový proud) či soudobý příkon (výpočtové zatížení).

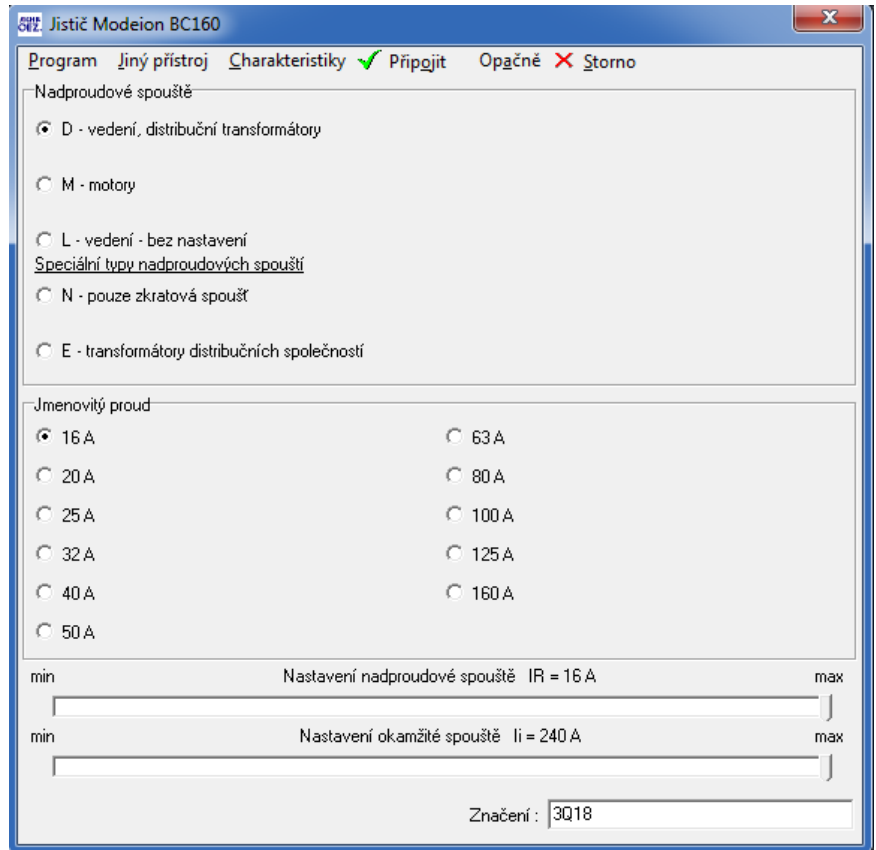
Jak vše funguje? V Sichru po technické stránce naprosto jednoduše a přehledně. Proudů ze všech paprsků připojených ke sběrnici se sečtou a výsledek se vynásobí koeficientem  $\beta$ . Tento výsledný soudobý proud pak napájí danou sběrnici. V případě, že je místo koeficientu  $\beta$  zadán soudobý proud či příkon (soudobý proud se dopočítá, proto je v případě zadávání činného příkonu nutno zvolit také  $\cos\varphi$ ), je součtový proud zadaným údajem nahrazen.

Způsob definování proudů (příkonů) včetně koeficientů  $\beta$  u vývodů se nemění. Představme si

pod tímto „spotřebičem“ dílnu, byt či budovu. Tento vývod, ať již je na konci paprsku či v jeho průběhu, z rozvodu odebírá soudobý proud či příkon podle jeho zadání. Jediným problémem tedy zůstává volba správného způsobu nakreslení schématu, tedy na společné sběrnice správně sdružit jednotlivé spotřebiče, kterých se soudobost týká, a následně podle příslušných předpisů a zkušeností zvolit správné koeficienty soudobosti či soudobé proudy nebo příkony.

#### 5.1.4. Jističe, spouštěče motoru

Jističe a spouštěče motoru do schémat vkládáme kliknutím levého tlačítka myši na zvolené místo a výběrem příslušné položky menu. Dialogové okno se nepatrně liší podle zvoleného typu přístroje. V horní části dialogového okna vybíráme nadproudovou spoušť, ve střední jmenovitý proud a v dolní části, pokud taková nastavení jistič umožňuje, nastavujeme jmenovitý redukovaný proud a časově nezávislou okamžitou (zkratovou) spoušť (obr. 27). V druhém okně je náhledový obrázek a ve třetím pak jeho vypínací charakteristika. Pomocí chytrého kurzoru myši lze odečítat hodnoty z charakteristiky. U jističů s elektronickými spouštěmi se zobrazuje realistický obrázek panelu nadproudové spouště.



obr. 27

Na obrázku 28 je nadproudová spoušť U001 jističe BL1600, vhodná pro časovou selektivitu jištění. Při najetí myši nad jednotlivé ovládací prvky se rozblíká příslušná šipka na levé straně panelu (zde  $I_{sd}$ ), abychom viděli, jakým způsobem se při otočení přepínače změní tvar vypínací charakteristiky. Hodnoty jednotlivých parametrů se nastavují kliknutím myši na jejich konkrétní hodnoty u jednotlivých poloh přepínačů.



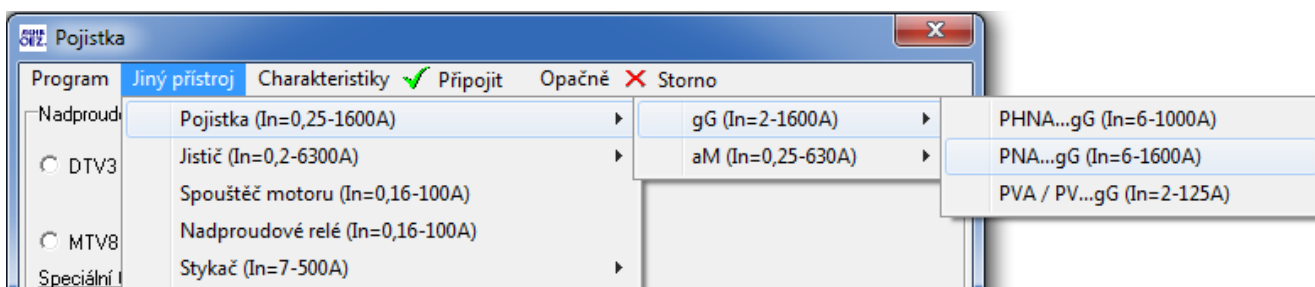
obr. 28

Na změnu nastavení program okamžitě reaguje překreslením vypínací charakteristiky. Pokud jistič vkládáme ve schématu paprsku, vidíme i vypínací charakteristiky ostatních jisticích

přístrojů a přetěžovací charakteristiky kabelů, takže můžeme vypínací charakteristiku nastavit tak, aby nedocházelo k jejich kolizím.

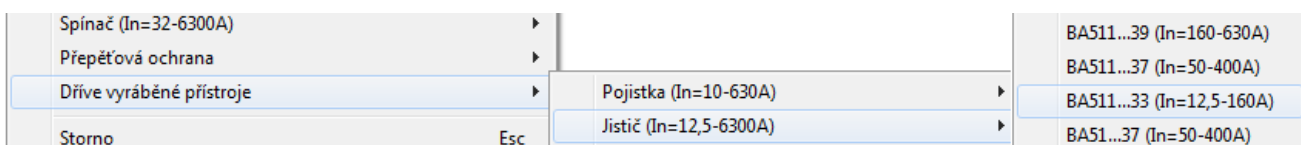
Nastavení vypínací charakteristiky má vliv nejen na správné jištění chráněného zařízení, ale také na správnou funkci ochrany automatickým odpojením od zdroje při poruše a na vzájemnou selektivitu jisticích přístrojů. Proto je nutné informaci o nastavení spouští předat technikům, kteří budou zařízení uvádět do provozu. Můžeme to udělat několika způsoby. Ve schématu paprsku a v přehledu parametrů a výpočtů je nastavení nadproudové spouště uvedeno „slovně“, tedy například u jističe, jehož nadproudová spoušť je na obr. 28, bude uvedeno: „SE-BL-1600-U001,  $I_R = 1\,445\text{ A}$ ,  $t_R(7.2I_R) = 10\text{ s}$ ,  $I_{sd} = 2I_R$ ,  $t_{sd} = 600\text{ ms}$ ,  $I^2t = \text{OFF}$ ,  $I_i = 11\text{ kA}$ “. Tím je samozřejmě nastavení spouště jednoznačně definováno, ovšem mnohem názornější je obrázek nastavené nadproudové spouště. Klikneme pravým tlačítkem myši na panel spouště a z menu vybereme buď „Tisk . . .“ pro tisk na tiskárnu, nebo „Kopírovat“ pro okopírování tohoto obrázku do schránky Windows. Příkladem vložení obsahu této schránky je obrázek 28. Stejným způsobem můžeme získat i obrázek vypínacích charakteristik. Další možností je zvolit z menu možnost „Program/Tisk . . .“, kdy na jeden list A4 vytiskneme současně slovní popis, vypínací charakteristiku i obrázek panelu nastavené nadproudové spouště. Stejně listy jsou pro všechny použité jističe k vidění v přehledu parametrů a výpočtů a k vytisknutí v tiskovém dialogu.

V případě, že chceme místo tohoto jističe vložit jiný jisticí přístroj, například pojistku, nemusíme dialogové okno zavírat. Stačí z menu vybrat „Jiný přístroj“ (obr. 29).



obr. 29

K připojení, tedy potvrzení volby přístroje, slouží volba „Připojit“, která v síti TN-S může ještě nabízet provedení jističe bez N-pólu nebo s N-pólem, pokud se vybraný jistič v tomto provedení vyrábí. Pokud je jistič připojen tak, že přívod je připojen na spodní svorky a vývod je z horních svorek, použijeme volbu (připojit) „Opačně“. Všechny v současné době vyráběné jističe z produkce OEZ mají stejnou mezní zkratovou vypínací schopnost při přívodu na spodní svorky jako při přívodu na horní svorky. Opačné připojení se tedy projeví pouze schematickou značkou otočenou o 180°. V minulosti tomu tak nebývalo ve všech případech. Například jističe řady „BA“ měly při opačném připojení sníženou vypínací schopnost. Protože tyto jističe na mnoha místech ještě slouží, můžeme je najít i v programu Sichr. Nalezneme je v části „Dříve vyráběné přístroje“ (obr. 30).



obr. 30

U těchto přístrojů tedy musíme zvolit i skutečný způsob připojení, aby bylo možné správně

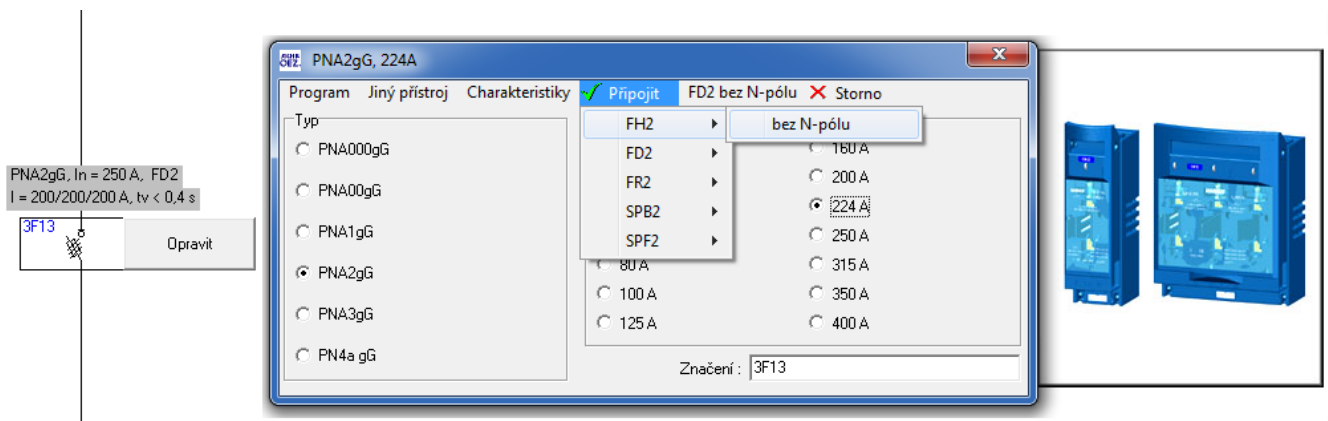


posoudit jejich zkratovou vypínací schopnost.

Pro použití jističe musí být z hlediska zkratových proudů splněny dvě podmínky. Počáteční rázový zkratový proud  $I_k$  nesmí být větší než jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost jističe  $I_{cu}$  u jističů ACB (Air Circuit Breaker, vzduchový jistič) a MCCB (Moulded Case Circuit Breaker, kompaktní jistič) dle ČSN EN 60947, nebo jmenovitá zkratová schopnost  $I_{cn}$  u jističů MCB (Miniature Circuit Breaker, jistič pro domovní a podobné instalace) dle ČSN EN 60898. Současně nesmí být nárazový zkratový proud  $i_p$  (omezený proud  $i_o$ ) větší než jmenovitá zkratová vypínací schopnost  $I_{cm}$ . Jističe, především MCB, je možné použít i na místě, kde je větší  $I_k$  než  $I_{cn}$ , ovšem za podmínky, že jim předradíme vhodný omezující jisticí přístroj. Správnost použití program vyhodnotí na základě databáze provedených zkoušek.

### 5.1.5. Pojistky

Pojistky vkládáme do projektu podobným způsobem jako jističe. Pojistky nemají nastavitelné nadproudové spouště, ale skládají se ze dvou základních částí. První je pojistková tavná vložka, kterou vybíráme jako první, a pojistkový přístroj, do kterého tuto pojistkovou vložku umístíme. Tím může být pojistkový spodek, pojistková lišta, lištový pojistkový odpínač nebo řadový pojistkový odpínač. Na tento přístroj se tedy program ptá při volbě „Připojit“. V síti TN-S stejně jako u jističů následuje volba s nebo bez N-pólu. Je třeba zdůraznit, že podmíněný zkratový proud těchto přístrojů může být nižší než jmenovitá vypínací schopnost samotné pojistkové vložky. Je proto třeba volit kombinaci obou částí tak, jak bude v rozvodu použita. Důležitá je také volba vypínací charakteristiky pojistkové vložky. Zatímco pojistkové vložky gG jsou pojistkové vložky s plným rozsahem vypínací schopnosti pro všeobecné použití (jištění vedení, spínacích přístrojů, proudových chráničů apd.), pojistkové vložky aM jsou naopak pojistkové vložky s částečným rozsahem vypínací schopnosti určené předně k jištění motorových vývodů, a to pouze proti zkratu.



obr. 31

Pokud již máme v projektu vloženou pojistku a potřebujeme pouze změnit jmenovitý proud pojistkové vložky, stiskneme tlačítko „Opravit“, změníme jmenovitý proud a můžeme použít speciální položku menu vpravo od „Připojit“, která nabízí původní způsob připojení bez pracného vyhledávání v menu (pokud jsme ovšem nezměnili velikost nebo typ pojistkové vložky). Zvolit samozřejmě můžeme i jiný pojistkový odpínač (obr. 31).

Pro použití pojistky musí být z hlediska zkratových proudů splněna podmínka, že počáteční rázový zkratový proud  $I_k$  nesmí být větší než jmenovitá vypínací schopnost pojistkové vložky  $I_1$ , pokud je vložena do pojistkového spodku, nebo jmenovitý podmíněný zkratový proud  $I_{cc}$  při použití s pojistkovým odpínačem.

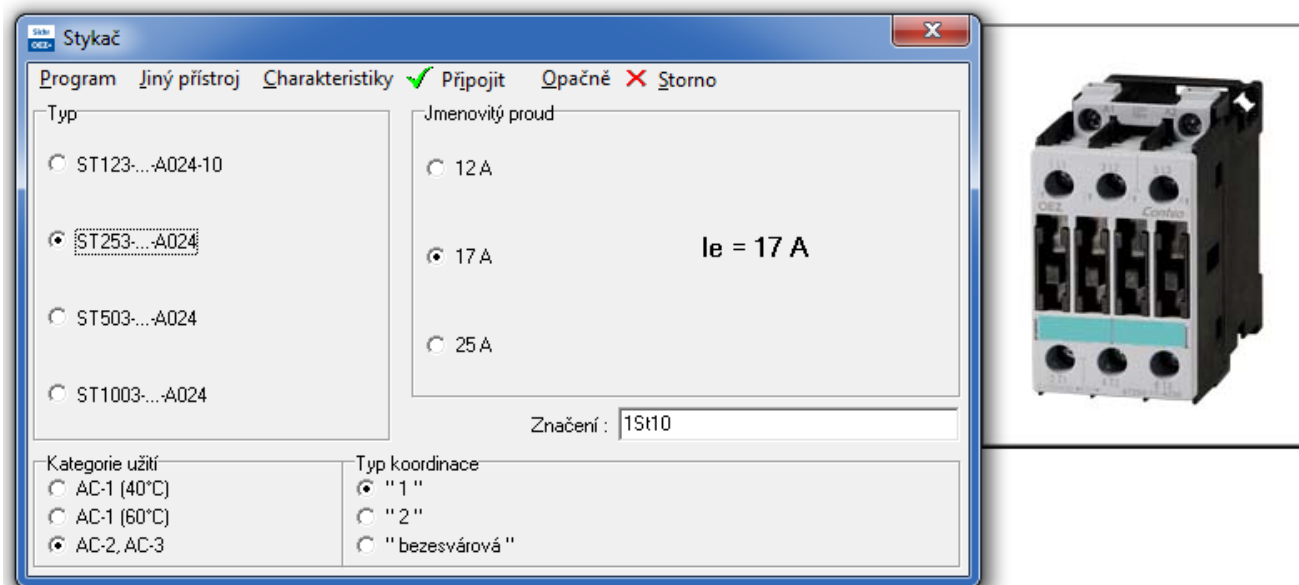
### 5.1.6. Nadproudová relé

Při vkládání nadproudových relé volíme typovou velikost a jmenovitý proud, ve spodní části panelu pak nastavujeme jmenovitý redukovovaný proud.

Nadproudová relé jsou přístroje s vlastní ochranou proti přetížení, nemají však své vlastní kontakty, které by byly schopny rozpojit hlavní obvod. Proto musí být propojeny s cívkou stykače nebo pomocnou spouští jističe nebo odpínače. Toto propojení se v programu nijak nezadá, program ho nekontroluje. Naopak jištění proti zkratu se kontroluje, musí být zapojeno před nadproudovým relé a odpovídat katalogovým údajům.

### 5.1.7. Stykače

Zde nejprve vybíráme přístroj podle napětí ovládací cívky  $U_c$ . Na panelu vlastního přístroje potom kromě typové velikosti a jmenovitého proudu přístroje volíme ve spodní části kategorii užití, tedy jaké zátěže budeme stykačem spínat. Uvedený jmenovitý proud stykače  $I_n$  odpovídá jmenovitému pracovnímu proudu  $I_e$  pro kategorii užití AC-3 při sduženém napětí 400 V.



obr. 32

Pro jiné kategorie užití a jiné napětí je  $I_e$  od  $I_n$  odlišný. Dále musíme zvolit typ koordinace od „1“ s přípustným svařením kontaktů při zkratu za stykačem až po zcela bezesvárovou (obr. 32). Od té se odvíjí jištění stykače proti zkratu. Jištění proti zkratu musí být zapojeno před stykačem, jištění stykače proti přetížení může být zapojeno i za ním, pokud mezi stykačem a jištěním není sběrnice nebo vývod (jištěním protéká stejný proud jako stykačem). Obvyklá kombinace je spouštěč motoru – stykač nebo pojistky – stykač – nadproudové relé.

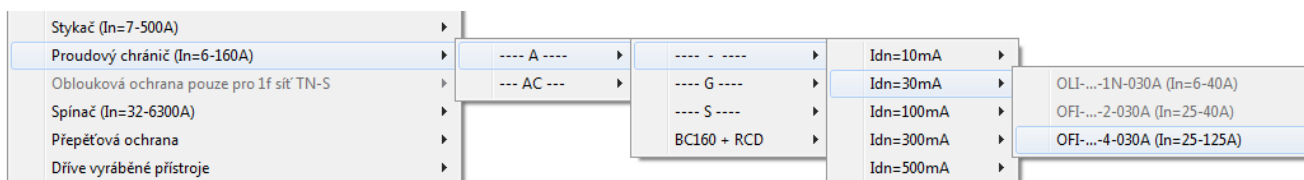
### 5.1.8. Přepět'ové ochrany

Přepět'ové ochrany je vhodné vkládat do projektu až úplně nakonec. Vyhneme se tak zbytečným chybovým hlášením. Při vkládání přepět'ové ochrany na jiné místo než je konec paprsku program nejprve vytvoří nový paprsek a vybranou přepět'ovou ochranu připojí na jeho konec. V síti TN-S jsou v některých případech možná dvě zapojení svodičů, buď 3x + 1x nebo 4x. Program kontroluje pořadí, vzdálenost a správnost předjištění přepět'ových ochran proti zkratu. Podrobnosti o zapojení a jištění jsou uvedeny v katalogu.

### 5.1.9. Proudové chrániče, spínače

Proudové chrániče se používají jako doplňková ochrana ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ), jako ochrana proti požárům způsobeným plazivými proudy ( $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ ) a jako ochrana automatickým odpojením od zdroje při poruše. Použití v SICHru je možné pouze v síti TN-S, musíme před něj tedy vložit přechod TN-C ---> TN-S.

V menu (obr. 33) jsou proudové chrániče rozděleny nejprve podle citlivosti na druh proudu. Proudové chrániče typu AC jsou citlivé na střídavé reziduální proudy, proudové chrániče typu A jsou citlivé jak na střídavé, tak i na pulzující stejnosměrné reziduální proudy. Dále se chrániče dělí podle vypínací charakteristiky. Pomlčkou jsou označeny proudové chrániče pro všeobecné použití, vypínají bez úmyslného zpoždění. Proudové chrániče typu G s dobou nepůsobení min. 10 ms se též nazývají rázově odolné a chrániče typu S jsou selektivní. Další dělení je již podle jmenovitého reziduálního proudu a nakonec podle konkrétního typu. Zvláštní skupinou jsou proudové chrániče tvořené kombinací chráničového modulu a jističe nebo spínače BC160 se jmenovitým proudem hlavního obvodu do 160 A.



obr. 33

Kombinované proudové chrániče, někdy nazývané „chráničojističe“, mají vlastní ochranu proti přetížení i proti zkratu. Jejich použití z hlediska zkratového proudu v místě připojení je tedy stejné jako v případě jističů MCB.

Proudové chrániče bez nadproudové ochrany, stejně jako spínače, je nutné chránit proti přetížení a zkratu. Jištění proti zkratu musí být zapojeno před jištěným prvkem, jištění proti přetížení může být zapojeno i za ním, pokud mezi ním a jištěním není sběrnice nebo vývod. Jištění proti zkratu i přetížení může zajišťovat jeden jisticí prvek nebo dva samostatně.

### 5.1.10. Kabely

Kabely je vhodné vybírat až po vložení příslušného jištění. Pokud bychom nejprve vybrali kabel bez dostatečné rezervy, mohlo by být obtížné najít takový jisticí prvek, který by současně správně jistil použitý kabel a zároveň dokázal přenést požadovaný proud. Na vybrané místo ve schématu klikneme levým tlačítkem myši a z menu zvolíme „Kabel“ a dále „Cu“ nebo „Al“ podle požadovaného materiálu jádra kabelu.

Zobrazí se panel pro výběr a nastavení způsobu uložení kabelu, náhled uložení kabelu a rastr charakteristik s přetěžovací charakteristikou kabelu (obr. 34). Tato křivka ukazuje při jakém proudu za jaký čas teplota kabelu právě dosáhne maximální dovolené teploty při přetížení  $t_{max1}$ .

The screenshot shows a software window titled "Kabel ve vzduchu, na perforovaných lávkách, roštích, žebřících nebo volně zavěšený". It contains a tree view on the left with folders for materials like Cu and Al, and various cable types. The main panel is for configuring a cable, with options for installation method (F - Ve vzduchu), conductor length, and a table of electrical parameters. A graph on the right shows a blue curve representing temperature rise over time for the selected cable configuration.

Parameter	Value	Unit
$S_L$	70	mm <sup>2</sup>
$R_L$	0.269	Ohm/km
$X_L$	0.0823	Ohm/km
$\tau$	401	s
$R_0/R_1$	4.1	
$X_0/X_1$	10.5	
$S_{PEN}$	35	mm <sup>2</sup>
$R_{PEN}$	0.537	Ohm/km
$X_{PEN}$	0.0848	Ohm/km
$t_n$	70	°C
$t_{max1}$	120	°C
$t_{max2}$	160	°C

obr. 34

V levé části panelu se nachází stromová struktura složek s jednotlivými druhy kabelů. Konkrétní průřez kabelu vybíráme pomocí rolety uprostřed panelu (vybrané, zvýrazněné pole). Údaj „1x70+35“ znamená, že se jedná o jednožilový kabel (1x) a že fázové vodiče mají průřez 70 mm<sup>2</sup> a ochranný vodič má průřez 35 mm<sup>2</sup>. Pokud by bylo uvedeno pouze „1x70“, znamenalo by to průřez 70 mm<sup>2</sup> u fázového i ochranného vodiče, tedy například v trojfázové síti TN-C čtyři kabely s průřezem 70 mm<sup>2</sup>. U vícežilových kabelů je pak v analogickém případě uvedeno „3x70+35“ nebo „4x70“. Následuje údaj „l<sub>z</sub> = 216/260 A“, což je zatěžovací proud při referenčním způsobu uložení ve vzduchu/v zemi. Program vždy nabízí kabely s počtem žil odpovídajícím druhu sítě. V případě trojfázové sítě TN-S pokud připojujeme například motor, který nemá vyvedený střední vodič, je možné zaškrtnout políčko „bez N vodiče“. Potom program nabídne čtyřžilové kabely (3x L + 1x PE).

#### 5.1.10.1. Zatěžovací proudy jednožilových kabelů

Je třeba si uvědomit, že u jednožilových kabelů udávají výrobci zatěžovací proudy pro jednu samostatně vedenou žílu zatíženou stejnosměrným proudem. V reálném rozvodu je ovšem počet zatížených žil 3 v trojfázovém rozvodu nebo 2 v jednofázovém rozvodu. Reálné zatěžovací proudy jsou tedy nižší, protože se kabely navzájem tepelně ovlivňují. Nejvyššího zatěžovacího proudu, srovnatelného s údaji výrobce, dosáhneme při uložení G ve vodorovném uspořádání. Hodnoty zatěžovacích proudů v databázi programu vycházejí z údajů uvedených v aktuální edici ČSN 33 2000-5-52 ed. 2. Z této normy vychází i kompletní

výpočet zatěžovacích proudů podle detailů způsobu uložení.

### 5.1.10.2. Zatěžovací proudy kabelů v zemi

Zatěžovací proudy kabelů v zemi jsou v databázi uvedeny pro měrný tepelný odpor půdy 0,7 K.m/W, jak je udávají výrobci, ale přepínač měrného tepelného odporu půdy je v souladu s uvedenou normou přepnut na výchozí hodnotu 2,5 K.m/W (obr. 35, panel po přepnutí tlačítkem „Stanovit koeficient“). Pokud ponecháme zmíněný přepínač v této poloze (2,5 K.m/W), vyjde nám zatěžovací proud v zemi o 36 % nižší než udávají výrobci (0,7 K.m/W). Při ukládání kabelů do země musíme tedy věnovat pozornost vlhkosti půdy v dané lokalitě.

Kabel v zemi

Referenční způsob uložení

E - Ve vzduchu

D - V zemi

C - Na stěně

B - V trubce na stěně

A - V izolační stěně

Teplota okolí [st. C]

10  20  30  40  50

15  25  35  45  55

Měrný tepelný odpor [K.m/W]

0.4 = velmi vlhká černá zem

0.7 = vlhká půda

1.0 = mírně zvlhlá půda

2.0 = suchá půda, řídké deště

2.5 = suchá půda, velmi řídké deště

Uspořádání seskupených obvodů

1 x přímo v zemi  1 x v trubkách v zemi

2 x přímo v zemi  2 x v trubkách v zemi

3 x přímo v zemi  3 x v trubkách v zemi

4 x přímo v zemi  4 x v trubkách v zemi

5 x přímo v zemi  5 x v trubkách v zemi

6 x přímo v zemi  6 x v trubkách v zemi

Vzdálenost [m]

0  1 x d  0.125  0.25  0.5  1

1-CYKY4x240

**k = 0.640, Iz = 297.0 A**

Výchozí Ok

obr. 35

### 5.1.10.3. Počet seskupených obvodů

Za zmínku stojí ještě pojem „seskupené obvody“. Pozor, nezaměňovat s pojmem počet zatížených žil! Zatímco počet zatížených žil program zná a počítá s ním bez jakéhokoli zásahu uživatele, počet seskupených obvodů mu uživatel musí sdělit pomocí přepínače v dolní polovině panelu. Pokud je rozvod realizován vícežilovými kabely, jeden obvod představuje jeden tento kabel. Pokud je rozvod realizován jednožilovými kabely, jeden obvod je svazek dvou (jednofázová síť TN-C), tří (jednofázová síť TN-S), čtyř (trojfázová síť TN-C) nebo pěti jednožilových kabelů (trojfázová síť TN-S). Jaké průřezy jak zatížených kabelů se zde uvažují,

je popsáno ve zmíněné ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.

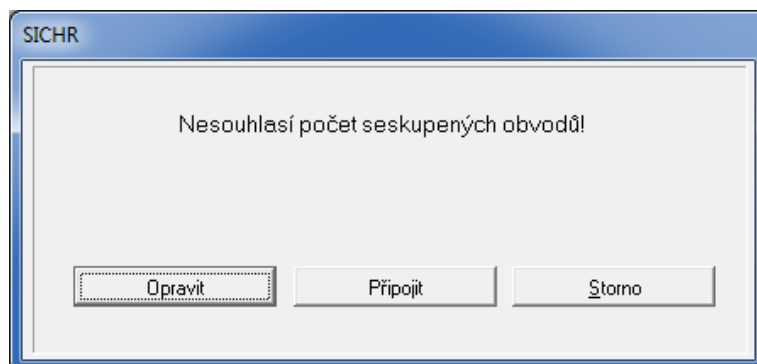
Počet paralelních kabelů na každou fázi volíme roletou vlevo od volby průřezu kabelu (na

obr. 34 jsou nastaveny dva paralelní kabely). V případě, že použijeme několik paralelně řazených kabelů, tak program kontroluje, zda není nastaven počet seskupených obvodů menší než počet paralelních kabelů.

Pokud tomu tak je, zobrazí se při pokusu o připojení varovné hlášení (obr. 36). Kliknutím myši na tlačítko „Připojit“ potvrdíme, že paralelní kabely netvoří seskupené obvody.

Pokud stiskneme tlačítko „Opravit“, vrátí nás program na panel zobrazený na obr. 35 a nastaví počet seskupených obvodů na hodnotu rovnající se počtu paralelních kabelů.

Počet seskupených obvodů může být samozřejmě vyšší, pokud vedle našich paralelních kabelů vedou stejnou trasou ještě další kabely. Pokud skutečný počet kabelů přesáhne maximální počet seskupených obvodů na přepínači, nastavíme nejvyšší hodnotu. Vzájemné ovlivňování se krajních kabelů je již zanedbatelné.



obr. 36

na obr. 35 a nastaví počet seskupených obvodů na hodnotu rovnající se počtu paralelních kabelů. Počet seskupených obvodů může být samozřejmě vyšší, pokud vedle našich paralelních kabelů vedou stejnou trasou ještě další kabely. Pokud skutečný počet kabelů přesáhne maximální počet seskupených obvodů na přepínači, nastavíme nejvyšší hodnotu. Vzájemné ovlivňování se krajních kabelů je již zanedbatelné.

#### 5.1.10.4. Stanovení zatěžovacího proudu

Všechny přepínače na tomto panelu jsou ekvivalenty jednotlivých tabulek přepočítacích koeficientů ve zmiňované normě. Koeficient  $k$  na panelu z obr. 34, kterým se násobí zatěžovací proud pro referenční způsob uložení, tedy můžeme ve většině případů nastavit pomocí těchto přepínačů. V některých případech, které jsou v normě uvedeny, se mohou použít upravené koeficienty (například pokud kabely nejsou naplněny zatěžovány). Potom je možné koeficient zadat ručně.

V databázi nejsou vždy uvedeny všechny zatěžovací proudy pro všechny způsoby uložení. Důvody mohou být dva. Buď výrobce nedovoluje tento způsob uložení (evidentní je nemožnost ukládat neizolovaná AIFe lana do země), nebo údaj o zatěžovacím proudu není k dispozici. Takovým případem je zatěžovací proud jednožilových kabelů s průřezem větším než  $300 \text{ mm}^2$  v zemi. Tabulka zatěžovacích proudů ve zmiňované normě totiž končí právě na  $300 \text{ mm}^2$ . Nutnou podmínkou pro připojení kabelu je zadat jeho délku. V tom okamžiku se nejen zpřístupní tlačítko „Připojit“, ale zároveň se nad ním objeví údaj o úbytku napětí a ztrátách na tomto kabelu. Úbytek napětí je na rozdíl od údaje ve schématu paprsku uveden „za studena“, tedy bez vlivu procházejícího proudu na teplotu kabelu. Údaj lze využít například při zkoumání úbytků napětí při rozběhu motoru, kdy se kabel nestačí procházejícím proudem ohřát. Zajímavý je údaj o ztrátách na kabelu. Na obr. 34 je 100 m dlouhý kabel, kterým protéká proud 400 A. Ztráty činí 7,09 kW. Pokud by byl kabel takto zatěžován po většinu roku, ztráty by jistě představovaly značné provozní náklady a bylo by účelné provést ekonomickou optimalizaci jeho průřezu. K tomu slouží tlačítko „Ekonomická optimalizace“ a je popsána v kapitole 7.7. Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů nn.

#### 5.1.10.5. Omezení maximální teploty kabelu při poruše

Některé předpisy vyžadují dodržení maximální teploty kabelu i při poruše typicky  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Jedná se předně o prostory s nebezpečím požáru nebo výbuchu. Většina kabelů má povolenou maximální teplotu při zkratu  $t_{\text{max}2}$  vyšší (v případě kabelů s PVC izolací je to  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ ), některé kabely mají i maximální teplotu při přetížení  $t_{\text{max}1}$  vyšší než  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . V takovém případě

zaškrtneme příslušné políčko v pravém spodním rohu dialogu na obr. 34. Program tyto teploty uměle sníží na požadovanou mez. Přednastavena je teplota 120 °C a je možné ji změnit v osobních nastaveních (obr. 22 vpravo dole).

#### 5.1.10.6. Jištění paralelních kabelů samostatnými pojistkami

Při připojení paralelních kabelů se program nejprve ptá, jestli chceme jistit kabely samostatnými pojistkami. Pokud zvolíme „Ano“, program nejprve nabídne pojistky na začátku kabelu, poté pojistky na konci kabelu. Pokud chceme použít pro samostatné jištění kabelů jističe, na panelu pro výběr pojistek zvolíme z menu „Jiný přístroj“ (obr. 29). V případě, že v rozvodu již máme vedení tvořené paralelními kabely a chceme ho dodatečně vybavit samostatným jištěním, najedeme na kabel a zvolíme „Opravit“. Bez jakékoli úpravy stiskneme tlačítko „Připojit“ a program nám opět nabídne samostatné jištění. Samostatné jištění má stejně jako paralelní kabel před označením napsán počet paralelních větví, například „2I1“ – dva paralelně. Podrobně je jištění paralelních kabelů popsáno v kapitole 7.6. Jištění paralelních kabelů.

#### 5.1.10.7. Přidání vlastních kabelů

Pokud náš kabel není v databázi programu a získali jsme od výrobce všechny parametry potřebné k výpočtům, můžeme si jej do databáze doplnit. Nejsnadnější postup je takový, že vybereme co nejpodobnější kabel, abychom nemuseli zbytečně vyplňovat všechny údaje, a přejdeme v roletě kabelů na poslední položku „Jiný“. V ten okamžik se všechna políčka uvolní pro zápis a my můžeme upravit parametry, které má náš kabel jiné. Do rolety kabelů vepíšeme i typové označení kabelu a pomocí levého spodního tlačítka ho můžeme přidat do databáze. Kabel se uloží do složky „Vlastní“. Při vepisování typového označení kabelu je třeba dodržet formát tohoto označení. To musí v každém případě obsahovat dvojici znaků 1x, 2x, 3x, 4x nebo 5x, podle které program pozná, zda se jedná o jednožilový nebo vícežilový kabel. To program potřebuje vědět, protože koeficienty pro výpočet zatěžovacích proudů jednožilových a vícežilových kabelů jsou různé.

### 5.1.11. Zdroj

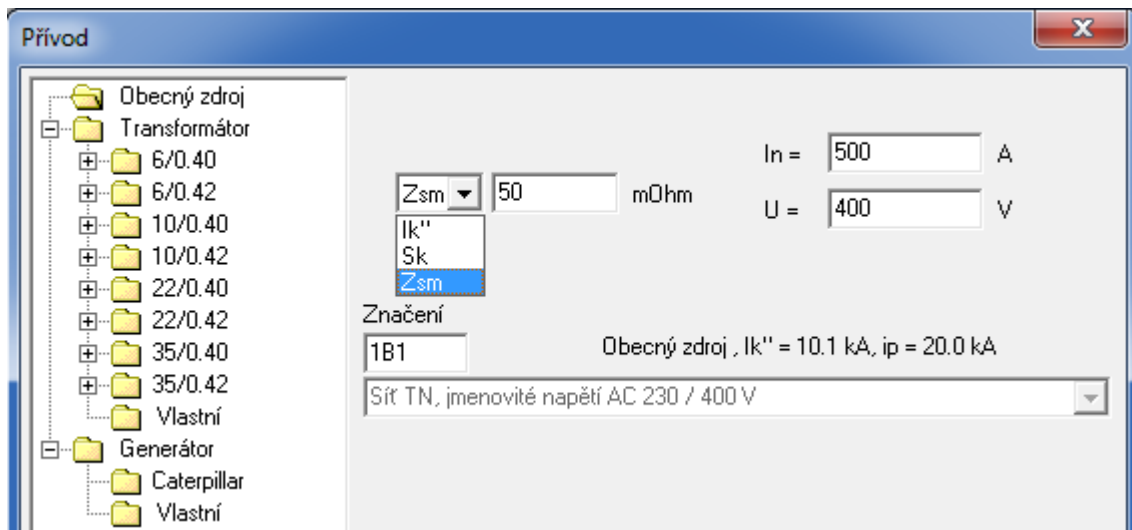
Pravděpodobně první chybové hlášení, které v Sichru uvidíme hned po jeho spuštění, bude „**Pro výpočet je nezbytné definovat zdroj!**“. Zdroj se podílí na impedanci poruchové smyčky, při zatížení vykazuje úbytek napětí a má podstatný vliv na velikost zkratového proudu. Bez zadání zdroje není možné tyto parametry vypočítat.

Napájecí zdroj do obvodu vložíme kliknutím na první pozici schématu. Je jím nejčastěji transformátor nebo záložní generátor.

#### 5.1.11.1. Obecný zdroj

V mnoha případech však náš rozvod začíná v rozváděči, o kterém nevíme, z jakého a jak vzdáleného transformátoru je napájený. Pro tento případ program nabízí „Obecný zdroj“. I u tohoto zdroje je však nutné definovat jeho parametry (obr. 37). Sdružené napětí v místě připojení jistě nebude problém změřit, přednastaveno je zde  $U = 420$  V. Jmenovitý proud obecného zdroje  $I_n$  určíme z jmenovitého proudu předřazeného jištění. Tento údaj slouží ke kontrole, zda ze zdroje neodebíráme proud, který by způsobil jeho přetížení a jestli za ním není použito jištění s větším jmenovitým proudem než  $I_n$  zdroje. Posledním parametrem je vnitřní impedance. Můžeme ji zadat jako trojfázový počáteční rázový zkratový proud  $I_k$ . Tuto možnost využijeme tehdy, jestliže navazujeme na zdokumentovaný rozvod, kde byl  $I_k$  v místě připojení vypočten. Zkratový výkon  $S_k$  je hodnota přepočítaná z  $I_k$ . V případě, že zkratový proud

neznáme, můžeme v místě připojení změřit impedanci poruchové smyčky  $Z_{sm}$  mezi fázovým a ochranným vodičem a zadat tuto naměřenou hodnotu v miliohmeh.



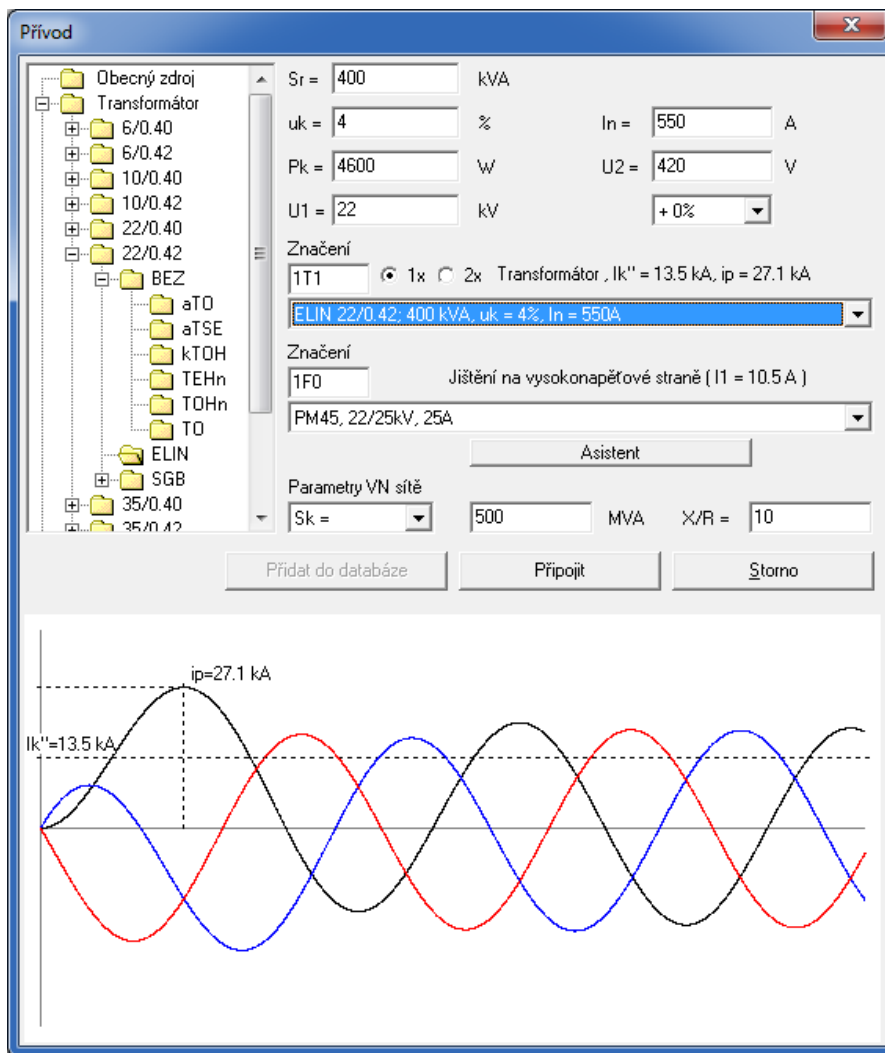
obr. 37

Tento způsob zadávání je vhodný zejména pro rozváděče vzdálenější od transformátoru, kde je hodnota impedance natolik velká, že ji lze snadno změřit. Program ze zadaných hodnot vypočítá parametry potřebné pro další kontroly. Protože není známo zapojení rozvodu před místem připojení, uvažuje se nejhorší případ. Předpokládá se, že je celý předchozí rozvod tvořen kabelem s polovičním průřezem ochranného vodiče oproti fázovému. Uvažuje se také s chybou měření a s tím, že impedanci smyčky měříme ve studeném stavu. Výsledkem je potom vyšší vypočtený zkratový proud, než je ve skutečnosti, a větší impedance smyčky než bude ve skutečnosti. Tento postup tedy vede k předimenzování navrhovaného rozvodu.

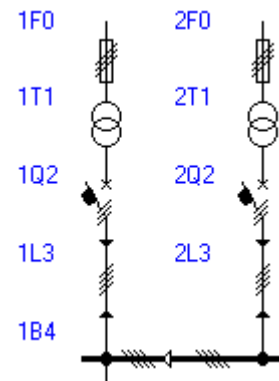
#### 5.1.11.2. Transformátor

Zadání rozvodu až od transformátoru je pro výpočty mnohem výhodnější. Transformátor vybíráme nejprve v levé horní části panelu ve stromu složek podle primárního napětí, poté podle napětí sekundárního (obr. 38). V síti TN 230/400 V se používají transformátory se sekundárním napětím naprázdno 420 nebo 400 V. Následuje dělení podle výrobce a podle typu. Velikost pak vybíráme z rolety uprostřed panelu (zvýrazněná vybraná položka). Při výběru transformátoru je třeba věnovat zvýšenou pozornost parametru napětí nakrátko  $u_k$ . Transformátory menších výkonů mají zpravidla  $u_k = 4\%$ , transformátory větších výkonů potom  $u_k = 6\%$  nebo i více. Transformátory středních výkonů potom mohou mít  $u_k$  jak 4 tak 6%. Je mezi nimi podstatný rozdíl v počátečním rázovém zkratovém proudu na jejich svorkách. Tento rozdíl činí až 50%. Je tedy nutné vybrat z takové dvojice ten, který bude skutečně použit. V pravé horní části panelu je roleta umožňující přepínat odbočky transformátoru v mezích  $\pm 5\%$  s krokem 2,5%. Toto nastavení může být použito ke kompenzaci úbytků napětí. Nad roletou pro výběr konkrétního transformátoru je přepínač umožňující použít jako zdroj napájení jeden nebo dva stejné paralelně zapojené transformátory. Pokud jsou dva, jsou jejich sekundární vinutí spojená sběrnici transformátorů. Mezi transformátory a sběrnici je volná pozice pro vložení jištění. Pokud je třeba vložit ještě další prvek, klikneme na sběrnici a zvolíme „Posunout dolů“ (obr. 39). Prvky vkládané do této části schématu se automaticky vkládají do obou větví.





obr. 38



obr. 39

Transformátor je připojen k vn síti, jejíž parametry se zadávají v části „Parametry vn sítě“. Přednastavená je velmi tvrdá vn síť se zkratovým výkonem 500 MVA. Zkratový výkon má nepatrný vliv na impedanci poruchové smyčky a podstatný vliv na zkratový proud na sekundární straně transformátoru. Nyní můžeme přistoupit k výběru vn pojistek. Je možné volně vybírat z celé nabídky jmenovitých proudů, nebo stisknutím tlačítka „Asistent“ vybrat pojistky,

které vyhovují kritériím pro jejich správné použití uvedeným v katalogu Pojistkové systémy Varius. Asistent podle okolností vybere jeden až dva jmenovité proudy pojistek. Výběr vn pojistek závisí na transformátoru i na parametrech vn sítě, proto se při změně transformátoru nebo parametrů vn sítě již vybrané pojistky odstraní a jejich výběr musíme opakovat. Ve spodní části okna je zobrazen průběh zkratového proudu, který by vznikl na svorkách transformátoru, kdyby ke zkratu došlo právě v okamžiku, kdy by napětí černě vykreslené fáze procházelo nulou. Je zde naznačena velikost efektivní hodnoty počátečního rázového zkratového proudu  $I_k''$  a nárazový zkratový proud  $i_p$ , tedy nejvyšší možná vrcholová hodnota proudu.

Pokud v nabídce programu nenajdeme transformátor, který chceme použít, neuděláme velkou chybu, pokud použijeme jiný transformátor, který bude mít stejný výkon  $S_r$ , sekundární napětí naprázdno  $U_2$  a napětí nakrátko  $u_k$ .

Jestliže však chceme tento transformátor přidat do databáze, uděláme to snadno tak, že vybereme transformátor co nejpodobnější, a poté přejdeme v roletě na poslední položku „Jiný“. V tomto okamžiku se všechna políčka uvolní pro zápis. Upravíme hodnoty podle potřeby, místo „Jiný“ vepíšeme typové označení a transformátor můžeme přidat do databáze. Uloží se do složky „Vlastní“.

### 5.1.11.3. Generátor

Generátor jako zdroj vybereme snadno z nabídky. Jeho výstupní napětí lze pomocí tlačítek + a – regulovat v mezích  $\pm 5\%$  s krokem 1 V. Generátor samotný díky vnitřní regulaci nevykazuje žádný úbytek napětí. Toto nastavení může být použito ke kompenzaci úbytku napětí v následném rozvodu.

Podrobnosti o posuzování ochrany automatickým odpojením od zdroje při poruše (impedanční smyčky) pro případ napájení rozvodu generátorem naleznete v kapitole 5.3.3. Impedanční smyčky.

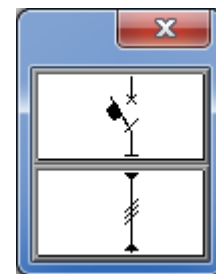
Postup přidávání vlastních generátorů do databáze programu je obdobný jako při přidávání vlastních transformátorů.

## 5.2. Další funkce

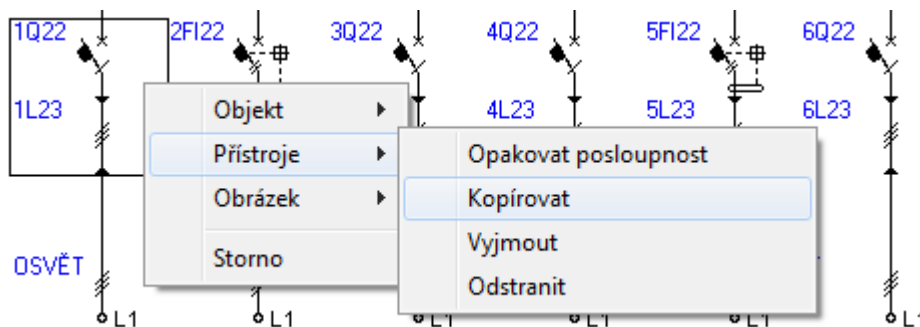
### 5.2.1. Kopírování

V rozvodech se často některé části opakují. Abychom jednotlivé prvky nemuseli stále dokola vkládat do schématu, můžeme použít funkci „Klonovat“, jak bylo popsáno v kapitole 5.1.1 o vkládání sběrnic. Jednotlivé prvky můžeme pak kopírovat tak, že na ně klikneme levým tlačítkem myši a zvolíme „Kopírovat“, případně „Vyjmout“ pro přemístění prvku. Pokud klikneme pravým tlačítkem myši, objeví se zkrácené menu, ve kterém příkaz nalezneme snadněji.

Okopírovaný (vyjmutý) prvek se objeví jako schránka v pravé dolní části obrazovky (obr. 40). Do této schránky se vejde najednou až 15 prvků, přičemž sběrnice kopírovat nelze. Aby se kopírovaný prvek do schránky přidal, nikoli její obsah nahradil, držíme při kopírování současně klávesu Shift. Pokročilí uživatelé operačního systému Windows jistě ocení i možnost používání klávesových zkratk. Najedeme-li tedy na kopírovaný prvek kurzorem myši a stiskneme kombinaci kláves Ctrl + C, prvek nahradí obsah



obr. 40



obr. 41

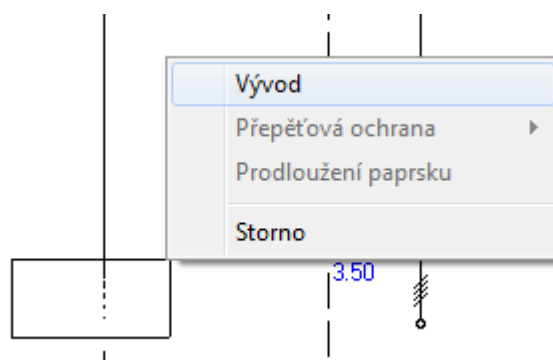
schránky. Pokud stiskneme kombinaci kláves Ctrl + Shift + C, prvek se do schránky přidá. Vkládání kopírovaných prvků na nové místo potom probíhá obdobně. Buď vyvoláním příkazu vložit z menu nebo klávesovou zkratkou Ctrl + V. Prvky lze

kopírovat do schránky i hromadně. Použijeme k tomu tlačítko „Výběr oblasti“ na panelu nástrojů. Oramujeme část schématu s příslušnými prvky a z menu vybereme „Přístroje/Kopírovat“ (obr. 41).

### 5.2.2. Prodloužení paprsku

Jak již víme, počet pozic v paprsku je omezen na 25. Jestliže nám tento počet z nějakých důvodů nestačí, klikneme na koncový vývod na 25. pozici a z menu zvolíme „Prodloužení paprsku“. Tím se paprsek prodlouží o dalších 25 pozic. Pokud ani to nestačí, můžeme postup opakovat až do vyčerpání všech 500 pomyslných sloupců v celkovém schématu. Současně

však může být prodloužen pouze jeden paprsek ve stejné části schématu. Mezi jednotlivými částmi prodlouženého paprsku se můžeme přepínat v celkovém schématu stejně jako mezi paprsky, ve schématu paprsku potom kliknutím na první pozici pro přepnutí předcházející část nebo na poslední pozici pro přepnutí na následující část. Prodloužený paprsek odstraníme tak, že klikneme na poslední 25. pozici, kde je schematická značka naznačující pokračování paprsku, a z menu zvolíme „Vývod“ (obr. 42). Prodloužený paprsek bude odstraněn se vším, co obsahuje.

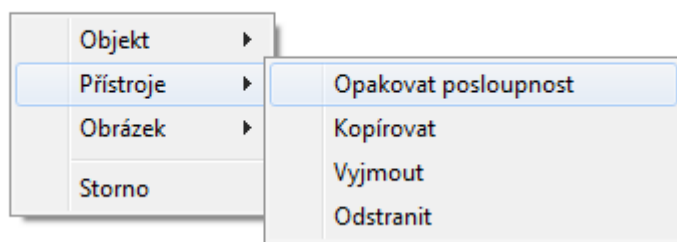
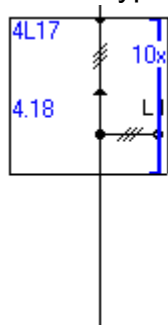


obr. 42

### **5.2.3. Opakování posloupnosti**

Zbytečnému prodlužování paprsků se můžeme vyhnout použitím funkce „Opakovat posloupnost“. Tuto funkci s výhodou využijeme tam, kde se opakuje stejná část schématu. Například stejné rodinné domky v řadovce či v ulici připojené smyčkováním, stejná podlaží bytových domů při návrhu hlavního domovního vedení, osvětlení výrobních hal či pouliční osvětlení. Pomocí tlačítka „Výběr oblasti“ na panelu nástrojů orámujeme část schématu, která se opakuje (typicky kabel-vývod) a z menu vybereme „Přístroje/Opakovat posloupnost“ (obr. 43). Nyní již stačí vyplnit kolikrát se označená část opakuje. Příslušná část

je ve schématu označena svorkou s vyznačeným počtem opakování. Ve schématu paprsku je vypsán stav na posledních prvcích opakování, kde je nejhorší stav s úbytky napětí a s impedancí poruchové smyčky.



obr. 43

Podrobný výpis podél celé trasy nalezneme v části „Přehled parametrů a výpočtů“.

Zjednodušení schématu pomocí opakování posloupnosti je tím významnější, čím větší je počet opakování. Tento postup lze použít i u trojfázového rozvodu, kde se na jednotlivých odběrných místech střídají jednofázové vývody z jednotlivých fází. V tom případě označíme pro opakování tři úseky kabelů a tři vývody (L1, L2, L3). Pokud chceme opakování zrušit, postupujeme stejně jako při nastavení opakování, pouze počet opakování zvolíme 1.

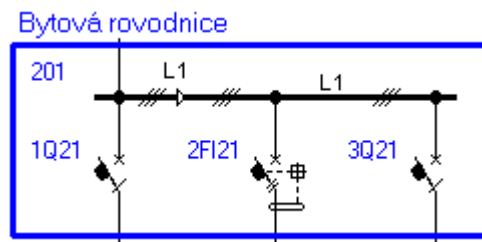
### **5.2.4. Práce s výřezem**

Tlačítko „Výběr oblasti“ můžeme použít i k výběru výřezu části schématu paprsku nebo celkového schématu, kterou můžeme jako obrázek buď vytisknout, okopírovat do schránky Windows nebo uložit jako obrázek ve formátu BMP či JPG. Příslušnou část označíme a z menu vybereme „Obrázek/Tisk...“, „Obrázek/Kopírovat“ nebo „Obrázek/Uložit jako...“

### **5.2.5. Vkládání grafických objektů**

Program Sichr je především výpočtovým programem, do celkového schématu však méně

náročným uživatelům umožňuje vkládat jednoduché grafické objekty. Pomocí našeho oblíbeného tlačítka „Výběr oblasti“ označíme místo, kam chceme objekt umístit, a zvolíme „Objekt/Vložit“. Objekt může mít podobu obdélníku s nadpisem, který označuje prvky obsažené v jednom rozváděči (obr. 44), nebo čáru či kružnici/elipsu s nadpisem anebo jenom samotný nadpis. Podobu volíme pomocí dialogového okna, kam vepíšeme text nadpisu, přičemž můžeme volit i jeho velikost, dále pak tvar objektu a styl a barvu čáry. Nápis je umístěn vždy v místě odkud jsme prováděli výběr oblasti. Zvláštním druhem objektu je vložený předem připravený obrázek. Tímto způsobem je možné vložit do schématu například náčrt pomocných obvodů nebo třeba rohové razítko.



obr. 44

V místě, kde je nadpis, je možné kurzorem myši najít uchopovací ouško. Pomocí pravého tlačítka myši je možné objekt za toto ouško uchopit a přetáhnout na jiné místo schématu. Kliknutí levým tlačítkem myši na toto ouško vyvolá dialogové okno, kde je možné objekt upravovat nebo odstranit.

Pokročilejší grafické úpravy celkového schématu je výhodnější provádět buď v grafickém editoru nebo v některém kreslicím programu typu AutoCADu. Celkové schéma nejprve vyexportujeme volbou „Projekt/Export/...“ v hlavním menu do požadovaného formátu, tedy BMP, JPG nebo DXF, a poté ho můžeme dále upravovat.

### **5.2.6. Export a import databáze**

Transformátory, generátory a kabely, které jsme si přidali do databáze programu, se integrovaly do programu. Abychom si je zazálohovali nebo poskytli kolegovi z kanceláře, vyexportujeme je do jednoduchých textových souborů volbou „Zobrazit/Export databáze/...“. Na počítači, kde je chceme použít, potom analogicky volbou „Zobrazit/Import databáze/...“ přidáme položky načteme.

### **5.2.7. Osobní nastavení**

V osobních nastaveních si můžeme přizpůsobit program svým vlastním požadavkům. Z hlavního menu vybereme „Zobrazit/Osobní nastavení“. Nastavení jsou rozdělena do dvou záložek. Na první, pojmenované „Základní“, se pomocí tlačítek s vlajkami v dolní části okna volí jazyk, kterým s námi program komunikuje. Volba jazyka se týká výpisů z programu i položek v menu a nápovědy programu. V případě, že bychom používali operační systém Windows s výchozím jazykem českým a potřebovali bychom vytisknout projekt v ruském nebo bulharském jazyce, museli bychom v nastavení „Ovládací panely“, „Místní a jazyková nastavení“ či „Oblast a jazyk“ (podle verze) operačního systému nastavit příslušný „Jazyk pro programy nepodporující kód Unicode“. Stejný postup musí zvolit uživatelé ruských, bulharských ... čínských ... Windows, pokud chtějí vytisknout projekt v některém z východoevropských jazyků.

Úplně dole je možné změnit výchozí nastavení odkládacího (temp) adresáře programu. Ten je využíván k odkládání dočasných souborů při práci programem. V naprosté většině případů není třeba tento adresář měnit. Činíme tak pouze v případě, že je velikost automaticky vybraného adresáře z nějakých důvodů omezena.

V horní části záložky „Základní“ potom vyplníme údaje „Jméno autora“ a „Název firmy“, které se pak automaticky kopírují na úvodní stranu projektu. S vyplněním těchto údajů úzce souvisí zaškrťovací políčko „Před tiskem zkontrolovat/Jméno autora“ na druhé záložce nazvané „Ostatní“ (obr. 45). Pokud je toto políčko zaškrtnuté, program před tiskem kontroluje, zda jsou

údaje vyplněny.

Přepínač „ $I_k$ “ za omezujícím přístrojem“ je ve výchozím nastavení „Nezobrazovat“. Za omezujícím přístrojem (pojistka, jistič) již není periodický průběh zkratového proudu u kterého by bylo možné vyčíslit

efektivní hodnotu, je zde pouze část jeho první půlperrody se špičkovou hodnotou zvanou omezený proud  $i_o$ .

Pokud z nějakého důvodu chceme znát efektivní hodnotu počátečního rázového proudu  $I_k$ , který by obvodem tekl, kdyby v obvodu nebyl zařazen onen omezující přístroj, můžeme si jeho zobrazení zapnout.

Hodnota pak bude uvedena v závorce, aby byla odlišena od skutečného proudu.

Klávesové zkratky Ctrl + 5 a Ctrl + 6 a přepínač

„Schéma“ umožňují přepínat zobrazení schématu mezi „Detailním“ a

„Přehledovým“, tedy jednočárovým.

„Styl výběru“, tedy vlastnosti tlačítka pro výběr oblasti, je možné přepínat mezi stylem

„Windows“, kdy

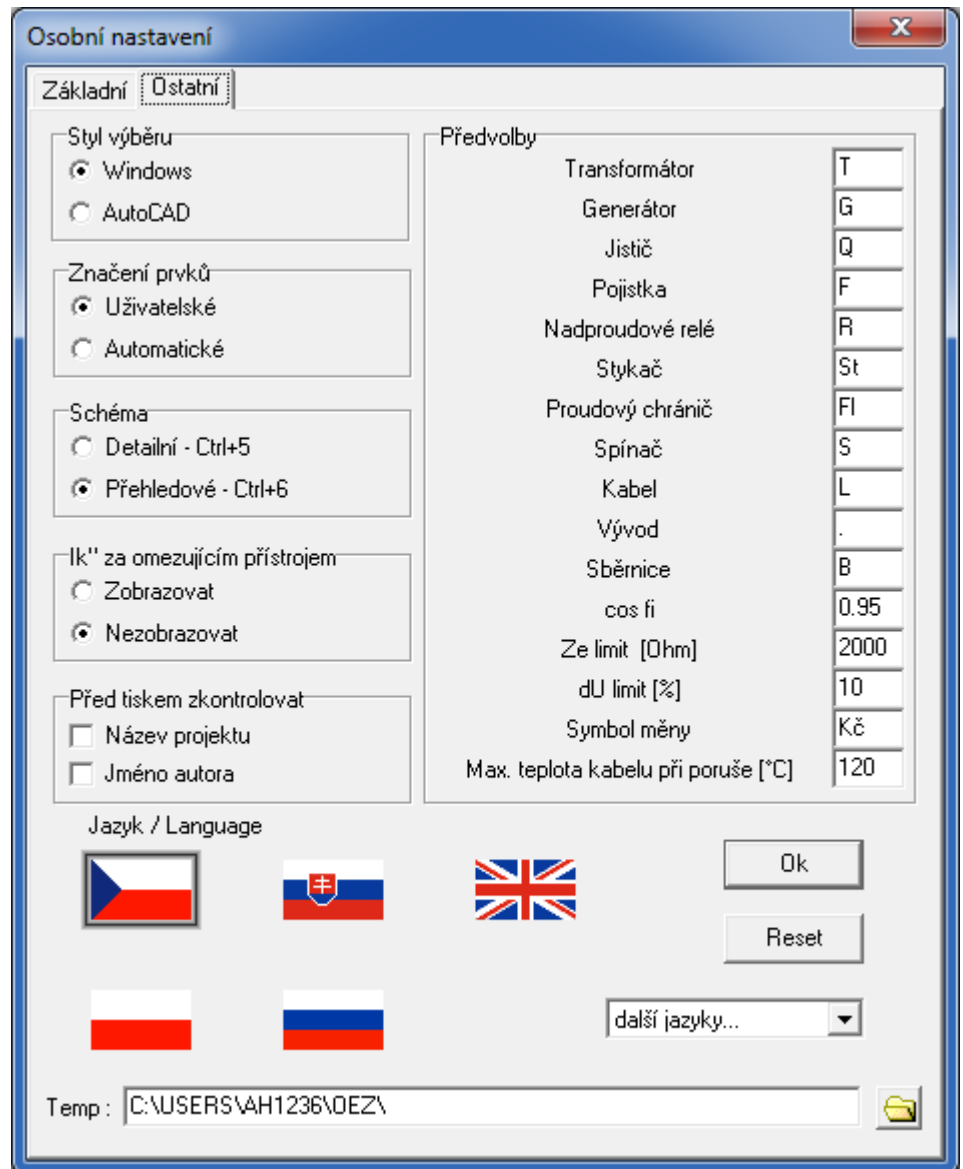
stiskneme levé tlačítko

myši v jednom z rohů vybírané oblasti, přetáhneme myš do protilehlého rohu a tam tlačítko pustíme. Naopak při volbě „AutoCAD“ klikneme levým tlačítkem myši v jednom z rohů vybírané oblasti, přetáhneme myš do protilehlého rohu a tam klikneme podruhé.

Volba „Značení prvků/Uživatelské“ umožňuje používat své vlastní označení jednotlivých prvků, jak bylo popsáno v kapitole 5.1.1. Pokud přepneme na volbu „Automatické“, jsou prvky striktně označovány automaticky za použití oddělovačů po pravé straně ovládacího panelu. V tomto režimu můžeme projekt například vytisknout bez svých poznámek u jednotlivých prvků. Po přepnutí zpět na uživatelské značení se poznámky opět zobrazí.

V pravé části panelu je možné měnit oddělovače značení a výchozí hodnotu účinnosti  $\cos \varphi$ .

Hodnota Ze limit představuje hodnotu přizemnění, jakou jsme schopni v dané lokalitě dosáhnout. Přednastaveno je 2 000  $\Omega$ , tedy hodnota, která impedanční smyčce nijak nepomůže. Pokud chceme být informováni o možnosti přizemnění, musíme tuto hodnotu snížit



obr. 45

na reálnou hodnotu, jinak je tato funkce prakticky vypnutá. Více informací v kapitole 5.3.3. Hodnotou dU limit je myšlena maximální dovolená odchylka od jmenovitého napětí v procentech. Při překročení této odchylky vypisuje program hodnoty napětí ve schématu paprsku červeně (více viz kapitola 5.3.2).

Symbol měny se týká cen kabelů a elektrické energie při ekonomické optimalizaci a „Maximální teplota kabelu při poruše“ je přednastavena na 120 °C v souladu s ČSN 33 2312. V případě potřeby ji je možné změnit, například na 115 °C podle ČSN 33 2000-4-42.

### **5.2.8. Informace o programu**

Prvotní informaci o verzi programu Sichr nalezneme v levé části horní lišty hlavního okna. Bližší informace získáme volbou „Nápověda/Informace o programu“, kde jsou kromě čísla verze uvedeny též kontaktní údaje pro telefonické či e-mailové konzultace.

### **5.3. Výpočty a kontroly**

Program provádí řadu výpočtů a kontrol. Ve schématu paprsku ovšem neprobíhají vždy všechny, například selektivita jištění je vyhodnocována pouze v režimu „Selektivita“ a funkce ochrany automatickým odpojením od zdroje zase pouze v režimu „Impedance“ (viz kapitola 4.2.3). Výpočty se navíc týkají pouze jednoho konkrétního paprsku. Proto je nutné u každého projektu zkontrolovat „Přehled parametrů a výpočtů“, kde jsou uvedeny všechny kontroly a výpočty pro všechny paprsky.

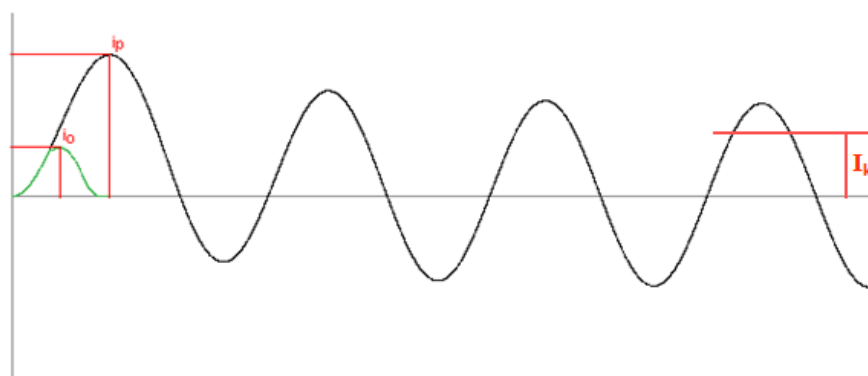
Ve výpisech jsou nevyhovující výsledky vypisovány červenou barvou. Přináší to sice počítačovou řeč jednoznačné hodnocení, ale je třeba výsledky posuzovat i ze širších hledisek. Pokud je například překročena maximální teplota kabelu při přetížení o jeden stupeň Celsia za předpokladu, že všechny podmínky jeho uložení jsou přesně podle nastavení v programu a proud, který toto přehřátí způsobí (ani větší ani menší) poteče obvodem přesně tolik a tolik minut, jedná se o velice nepravděpodobnou situaci, která navíc při tak malém přehřátí nemůže způsobit žádnou škodu. Naopak vyhovující výsledek hodnoty impedance smyčky, který je pouze velmi těsný, může být problémem. Zde je vhodné věnovat pozornost i číselným údajům.

#### **5.3.1. Zkratové proudy**

Program Sichr počítá na základě ČSN EN 60909-0 hodnoty zkratových proudů pro elektricky vzdálené zkraty, tedy bez příspěvků synchronních a asynchronních strojů (obr. 46). Ve výpisech se zobrazují maximální hodnoty zkratových proudů v závislosti na druhu rozvodu, tedy jednofázových

v jednofázovém rozvodu, dvofázových v jednofázové IT síti (IT síť bez vyvedeného středního vodiče, jednofázové spotřebiče se připojují na sdružené napětí) a trojfázových zkratových proudů v trojfázovém rozvodu.

Kromě toho program počítá i minimální zkratové proudy, které používá k posouzení správného jištění kabelů.



obr. 46

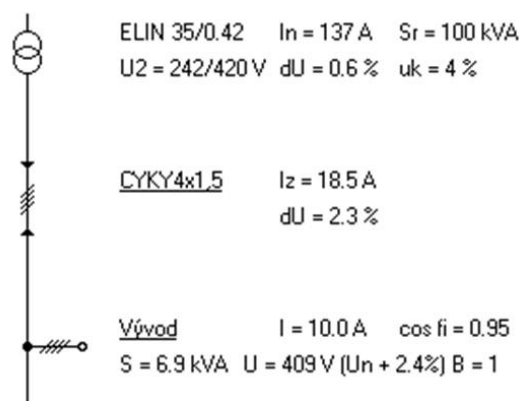
Základním parametrem zkratového proudu je efektivní hodnota počátečního rázového zkratového proudu  $I_k$ . Ta nesmí být větší než mezní zkratová vypínací schopnost  $I_{cu}$  jističů vyráběných podle ČSN EN 60947-2, než jmenovitá zkratová schopnost  $I_{cn}$  jističů vyráběných podle ČSN EN 60898, také než jmenovitá vypínací schopnost  $I_1$  pojistkových vložek dle ČSN EN 60269-1, případně než jmenovitý podmíněný zkratový proud značený podle druhu jištěného přístroje  $I_{cc}$  či  $I_{nc}$ .

Druhým nejdůležitějším parametrem je špičková hodnota první půlvlny tohoto proudu pro nejnejpříznivější okamžik vzniku zkratu, tedy nárazový zkratový proud  $i_p$ . Ten nesmí být větší než zkratová zapínací schopnost použitého přístroje  $I_{cm}$ .

Jiná situace je za omezujícím jisticím přístrojem. Tím může být nejen jakákoli pojistka, ale i jistič s výjimkou těch největších, tedy jističů Modeion BL a jističů Arion. Takový omezující přístroj vypíná dříve než první půlvlna dosáhne své maximální hodnoty  $i_p$  a z celého zkratového proudu tak propustí pouze její část. Rozhodujícími parametry tohoto „proudového impulsu“ jsou činitel prošlé energie  $I^2t$  (vypovídá o tepelných účincích) a jeho špičková hodnota, neboli omezený proud  $i_o$  (vypovídá o dynamických účincích proudu). Omezený proud opět nesmí být větší než zkratová zapínací schopnost použitého přístroje  $I_{cm}$ ,  $I^2t$  potom mimo jiné nesmí být větší než hodnota výrazu  $k^2S^2$  kabelu, aby byl správně jištěn proti zkratu (více v kapitole 5.3.5).

### 5.3.2. Úbytky napětí

Úbytky napětí na kabelech se počítají z jeho indukčnosti a odporu „za tepla“, tedy s přihlédnutím ke zvýšenému činnému odporu v důsledku teploty okolí a protékajícího proudu, který jsme zadali do vývodů. Proud ve vývodech je důležitý i proto, že svým průchodem úbytek napětí způsobuje. Pokud obvodem neprochází žádný proud, podle Ohmova zákona je úbytek napětí nulový. Úbytky napětí na zdroji a kabelech se vyčísľují v procentech jmenovitého napětí a sčítají se vektorově. Na sběrnicích a vývodech je potom uvedeno skutečné napětí v těchto místech s ohledem na zadané zatížení. V závorce je pak uvedena procentní odchylka od jmenovitého napětí  $U_n$  (obr. 47). Pokud je tato odchylka od  $U_n$  větší než  $dU$  limit uvedený v osobních nastaveních (viz kapitola 5.2.7), výpis je červený.



obr. 47

### 5.3.3. Impedanční smyčky

Správnost funkce ochrany automatickým odpojením od zdroje při poruše se kontroluje v režimu „Impedance“. Základní vztahy jsou uvedeny v kapitole 7.3. Při napájení obvodu transformátorem nebo obecným zdrojem je nejprve vyčíslena maximální přípustná impedance poruchové smyčky. Ta závisí na nastavené maximální době odpojení a na vypínací charakteristice prvku, který ochranu zajišťuje. S touto hodnotou se pak porovnává impedance poruchové smyčky v námi zadaném obvodu. Na té se podílí celý obvod, tedy fázový a ochranný vodič od vn rozvodu přes transformátor (případně generátor nebo obecný zdroj), vnitřní impedance použitých přístrojů a hlavně kabelů. I zde se uvažuje odpor „za tepla“, ovšem uvažuje se maximální trvalý proud kabelem, který umožňuje jmenovitý proud použitého jištění, teplota okolí a také vlastní proud při poruše  $I_a$  po nastavenou maximální dobu odpojení  $t_v$ . Na následujícím obrázku (obr. 48) jsou na čistě fiktivním příkladu ukázány všechny výsledky

vyhodnocení impedance poruchové smyčky, ke kterým můžeme dospět. O ochranu automatickým odpojením od zdroje se stará jistič LPN-16B. Od zdroje až po vývod 1.5 je nastavena maximální doba odpojení 5 s a dále potom 0,4 s. U vývodu 1.5 je vyčíslena maximální přípustná impedance poruchové smyčky pro maximální dobu odpojení 5 s  $Z_s(5\text{ s}) = 4,06\ \Omega$ . S touto hodnotou se porovnává skutečná vypočtená impedance poruchové smyčky  $Z_{sv} = 1,53\ \Omega$ . Odpojení v tomto případě může zajišťovat jak časově nezávislá okamžitá (zkratová), tak časově závislá (tepelná) spoušť jističe. Je evidentní, že výsledek je s dostatečnou rezervou vyhovující, výpis je černý.

1T1	ELIN 35/0.42 U2 = 242/420 V	$I_n = 137\text{ A}$ $S_r = 100\text{ kVA}$ $I_k'' = 3.41\text{ kA}$	
	TN-C TN-S		
1Q3	LPN-16B	$I_n = 16\text{ A}$ $I_{cn} = 10\text{ kA}$	$I_{rm} = 72\text{ A}$
1L4	CYKY 5x1.5	$I_z = 18.5\text{ A}$ $t_m = 106\text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 366\text{ A}$ $dU = 1.4\%$ $I^2t < k^2S^2$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(5s)$ ( 1.53 Ohm < 4.06 Ohm )
1.5	Vývod	$I = 1.00\text{ A}$ $\cos\phi_i = 0.95$ $I_k'' = 366\text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(5s)$ ( 1.53 Ohm < 4.06 Ohm )
	S = 693 VA	U = 414 V (Un + 3.5%) B = 1	
1.6	Vývod	$I = 1.00\text{ A}$ $\cos\phi_i = 0.95$ $I_k'' = 366\text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 1.49 Ohm < 2.88 Ohm )
	S = 693 VA	U = 414 V (Un + 3.5%) B = 1	$i_p = 528\text{ A}$
1L7	CYKY 5x1.5	$I_z = 18.5\text{ A}$ $t_m = 106\text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 188\text{ A}$ $dU = 0.8\%$ $I^2t < k^2S^2$	$Z_{sv} > Z_s(0,4s)$ , ( 2.93 Ohm > 2.88 Ohm ), $Z_{e\text{ max}} = 37.8\text{ Ohm}$
1.8	Vývod	$I = 1.00\text{ A}$ $\cos\phi_i = 0.95$ $I_k'' = 188\text{ A}$	$Z_{sv} > Z_s(0,4s)$ , ( 2.93 Ohm > 2.88 Ohm ), $Z_{e\text{ max}} = 37.8\text{ Ohm}$
	S = 693 VA	U = 411 V (Un + 2.7%) B = 1	$i_p = 272\text{ A}$
1L9	CYKY 5x1.5	$I_z = 18.5\text{ A}$ $t_m = 106\text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 76.7\text{ A}$ $dU = 1.7\%$ $I^2t < k^2S^2$	$Z_{sv} > Z_s(0,4s)$ ( 7.28 Ohm > 2.88 Ohm ) !!!
	S = 693 VA	U = 404 V (Un + 1.0%) B = 1	$i_p = 111\text{ A}$
1.10	Vývod	$I = 1.00\text{ A}$ $\cos\phi_i = 0.95$ $I_k'' = 76.7\text{ A}$	$Z_{sv} > Z_s(0,4s)$ ( 7.28 Ohm > 2.88 Ohm ) !!!
	S = 693 VA	U = 404 V (Un + 1.0%) B = 1	$i_p = 111\text{ A}$
1FI11	DFI 25/4/030	$I_n = 25\text{ A}$ $I_{dn} = 0.03\text{ A}$ $R_a < 1.67\text{ kOhm}$	
1.12	Vývod	$I = 1.00\text{ A}$ $\cos\phi_i = 0.95$ $I_k'' = 76.7\text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( 7.28 Ohm < 1.67 kOhm )
	S = 693 VA	U = 404 V (Un + 1.0%) B = 1	$i_p = 111\text{ A}$

obr. 48

U vývodu 1.6 je již nastavena maximální doba odpojení 0,4 s. V tomto případě již odpojení dokáže zajistit pouze časově nezávislá okamžitá (zkratová) spoušť jističe. Maximální přípustná impedance poruchové smyčky klesla z 4,06  $\Omega$  na 2,88  $\Omega$ . To je způsobeno změnou hodnoty  $I_a$  odečtené z vypínací charakteristiky jističe pro jednotlivé doby odpojení. Se změnou maximální doby odpojení se o 0,04  $\Omega$  zmenšila i hodnota vypočtené impedance smyčky. Tento nepatrný rozdíl je způsoben menším přihřátím kabelů poruchovým proudem, který obvodem prochází po kratší dobu.

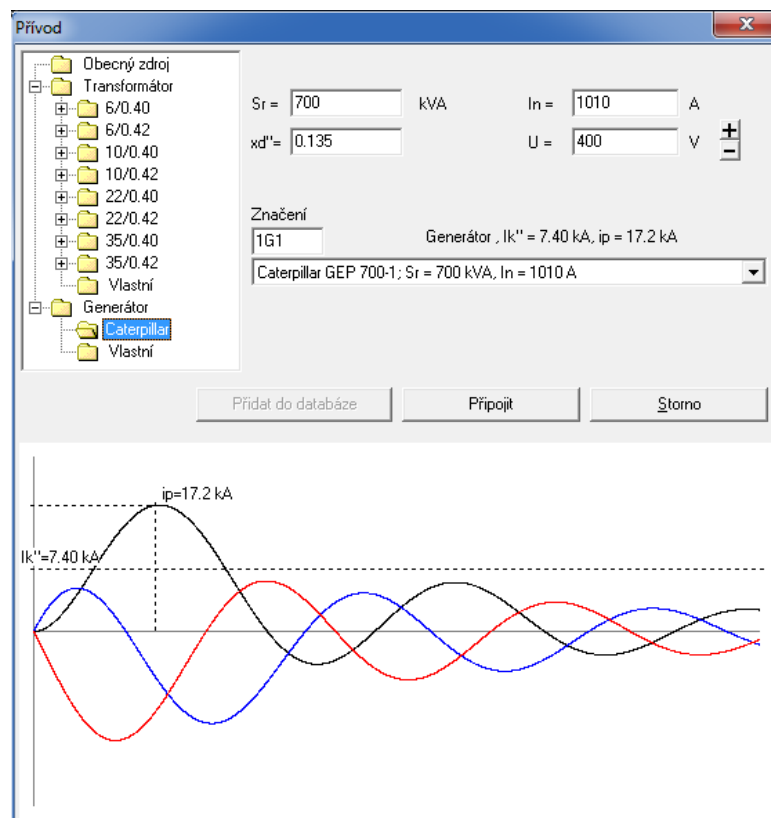
Následuje další vedení a u vývodu 1.8 je již hodnota vypočtené impedance větší než maximální povolená. Vlevo od schématu bliká červený symbol uzemnění. Rozdíl 0,05  $\Omega$  je ovšem natolik malý, že jej lze napravit připojením určité maximální hodnoty impedance, v tomto případě 37,8  $\Omega$ , paralelně k ochrannému vodiči. Touto impedancí může být například pospojování vodivých částí nebo přizemnění. Tuto možnost program nabízí pouze v případě, že vypočtená hodnota  $Z_{e\text{ max}}$  je vyšší než hodnota  $Z_{e\text{ limit}}$  v „Osobních nastaveních“. Za dalším úsekem vedení na vývodu 1.10 je již rozdíl v impedancích natolik velký, že ani



přízemnění nepomůže, výpis je červený, výsledek nevyhovující. Možných řešení takového stavu je několik. Na obrázku je příklad použití proudového chrániče, jehož proud  $I_a$  je řádově nižší než v případě jističe.

Ochrana automatickým odpojením od zdroje se zpravidla nepoužívá tam, kde je použita ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací podle článku 412 ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Jedním z příkladů může být kabel zakončený v rozvodnici s třídou ochrany II, kam z produkce OEZ patří rozvodnice DistriTon RZA, RZV, RZG, RNG, ECO a CT. V podobných případech je červené chybové hlášení nejen nežádoucí, ale i neopodstatněné. Vyhodnocení impedanční smyčky je proto možné nahradit hlášením "Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována". Provedeme to tak, že najedeme kurzorem myši nad příslušný výpis a ve zobrazené roletě vybereme požadovanou možnost.

Poněkud jiná situace je v obvodech napájených generátorem. Nejmarkantnější rozdíl mezi chováním generátoru a transformátoru je především v oblasti zkratů. I když se generátor chová při běžném provozu jako velice tvrdý zdroj, při zkratu je tomu přesně naopak. Zkratový proud velice rychle klesá již během první půlperrody (obr. 49). U malých generátorů (se jmenovitým proudem desítky ampér) klesá počáteční hodnota zkratového proudu během prvních pěti milisekund na hodnotu i méně než poloviční a po několika desítkách milisekund klesá až pod hodnotu jmenovitého proudu generátoru.



obr. 49

To má podstatný vliv na správnou funkci ochrany automatickým odpojením od zdroje při poruše. Pro přesný výpočet časového průběhu zkratového proudu je zapotřebí znát mnoho parametrů, z nichž se značná část v běžné katalogové dokumentaci generátorů ani neuvádí. Proto byla na základě detailních výpočtů časových průběhů zkratových proudů generátorů různých výrobců a různých velikostí stanovena následující zobecněná kritéria. Pro správnou funkci ochrany automatickým odpojením od zdroje musí být splněn alespoň jeden z

následujících čtyř bodů:

1. čas vypnutí  $t_v \leq 5$  s,  $I_a \leq U_o/Z_{sv} \leq 1,1 \times I_n$  generátoru, vyhodnocení probíhá jako u obvodu s transformátorem
2. generátor s  $I_n \leq 100$  A, ochranu automatickým odpojením od zdroje zajišťuje jistič s časově nezávislou (zkratovou) spouští okamžitou,  $I_i \leq 5 \times I_n$  generátoru
3. generátor s  $I_n > 100$  A, ochranu automatickým odpojením od zdroje zajišťuje jistič s časově nezávislou (zkratovou) spouští okamžitou,  $I_i \leq 4 \times I_n$  generátoru
4. generátor s  $I_n > 100$  A, ochranu automatickým odpojením od zdroje zajišťuje jistič s časově nezávislou (selektivní) spouští se zpožděním  $t_{sd} \leq 50$  ms,  $I_{sd} \leq 2 \times I_n$  generátoru

kde

$I_n$  - jmenovitý proud generátoru v režimu Stand-by (STBY) [A]

$Z_{sv}$  - vypočtená impedance poruchové smyčky [ $\Omega$ ]

$U_o$  - jmenovité napětí vůči zemi (fázové napětí) [V]

$I_a$  - proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobujícího odpojení ve stanovené době [A]

$t_v$  - stanovená maximální doba odpojení od zdroje [s]

$I_i$  - vybavovací proud časově nezávislé (zkratové) spouště okamžité [A]

$I_{sd}$  - vybavovací proud časově nezávislé (selektivní) zpožděné spouště [A]

$t_{sd}$  - zpoždění časově nezávislé (selektivní) zpožděné spouště [s]

Bod číslo 1 předpokládá, že generátor zvládne 1,1násobné přetížení po dobu 5 sekund a skutečný poruchový proud tuto hodnotu nepřesáhne, což znamená, že se generátor při poruše nedostane do režimu zkratu. V tom případě je možné posuzovat impedanci stejným způsobem jako při napájení transformátorem. Tyto předpoklady budou splněny až ve vzdálenějších místech rozvodu, nikoli přímo u generátoru.

Rozvodu těsně za generátorem se týkají následující tři body, které předpokládají odpojení poruchy dříve, než stačí proud klesnout pod hodnotu nastavení příslušné časově nezávislé spouště použitého jističe. Není třeba zdůrazňovat, že tyto časy jsou výrazně kratší než obvyklé 0,4 s. Pojistky v této části rozvodu pro ochranu automatickým odpojením od zdroje použít nelze.


Bod číslo 2 se týká generátorů se jmenovitým proudem do 100 A, které vykazují sice velký, ale rychle se zmenšující zkratový proud. Ochranu automatickým odpojením od zdroje tedy musí zajišťovat časově nezávislá okamžitá (zkratová) spoušť nastavená maximálně na pětinasobek jmenovitého proudu generátoru. Vyhoví tedy například jističe LPN, LPE a LST s charakteristikou B a jističe BC160 se spouští L.

Bod číslo 3 se týká generátorů se jmenovitým proudem nad 100 A. Ochranu automatickým odpojením od zdroje musí zajišťovat časově nezávislá okamžitá (zkratová) spoušť nastavená maximálně na čtyřnasobek jmenovitého proudu generátoru. Tomuto požadavku vyhoví bez výjimky jističe BC160, BD250 a BH630 se spouštěmi L (L001). Ostatní jističe a spouště lze použít v případě, že nastavení vyhovuje uvedeným podmínkám.

Bod číslo 4 přináší možnost dosáhnout lepší selektivity jištění a připouští ochranu automatickým odpojením od zdroje časově nezávislou zpožděnou (selektivní) spouští nastavenou maximálně na dvojnásobek jmenovitého proudu generátoru se zpožděním do 50 ms. Vyhoví jističe Arion a Modeion s elektronickými spouštěmi, jejichž nastavení vyhovuje uvedeným podmínkám.

Výpis programu o vyhovující či nevyhovující hodnotě impedance smyčky je v případě vyhodnocení podle bodu 1 stejný jako u obvodu napájeného transformátorem. Pokud se vyhodnocení řídí body 2 až 4, pravidla jsou jiná, číselné hodnoty impedancí zde nejsou uvedeny a výpis je buď „O.K.  $Z_{sv} < Z_s$  (generátor)“ nebo „ $Z_{sv} > Z_s$  (generátor) !!!“. Slovo „generátor“ v závorce napovídá, že se berou v úvahu specifika generátoru. Příklad

vyhodnocení automatického odpojení od zdroje v obvodu napájeném generátorem je na obr. 50.

Zapojení	Přístroj	Poznámka	Sít TN, $U_n = 230 / 400 \text{ V}$
1G1	 Caterpillar GEP 700-1 $I_n = 1010 \text{ A}$ $S_r = 700 \text{ kVA}$ $I_k'' = 7.40 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $i_p = 17.2 \text{ kA}$		
1Q2	BL1000S-MTV8 $I_n = 1000 \text{ A}$ $I_R = 1000 \text{ A}$ $I_{cu} = 65 \text{ kA}$ $Z_s(0,4s) = 69 \text{ m}\Omega$ ( $I_a = 3.33 \text{ kA}$ ) $i_p = 17.2 \text{ kA}$	$I_R = 1000 \text{ A}$ , $t_R(7.2 \times I_R) = 1 \text{ s (TV)}$ , $I_i = 3 \text{ kA (0 ms)}$	
1B3	Sběrnice $B = 1$ $U = 400 \text{ V (} U_n + 0.0\% \text{)}$ $i_p = 17.2 \text{ kA}$	$I_k'' = 7.40 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s$ (generátor)	
1Q4	BC160N-20-D $I_n = 20 \text{ A}$ $I_R = 20 \text{ A}$ $I_{cu} = 25 \text{ kA}$ $Z_s(0,4s) = 693 \text{ m}\Omega$ ( $I_a = 333 \text{ A}$ ) $i_o = 6.93 \text{ kA}$	$I_R = 20 \text{ A (} 1.00 \times 20 \text{ A)}$ , $I_i = 300 \text{ A}$	
1L5	CYKY4x10 $I_z = 60 \text{ A}$ $t_m = 35^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.17 \text{ kA}$ $dU = 1.3\%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.69 \text{ kA}$	Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována	
1Q6	Vývod $I = 15 \text{ A}$ $x_B = 15 \text{ A}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.17 \text{ kA}$ $I = 15.0 \text{ A}$ $U = 395 \text{ V (} U_n - 1.3\% \text{)}$ $B = 1$ $i_p = 1.69 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( $415 \text{ m}\Omega < 693 \text{ m}\Omega$ )	

obr. 50

### 5.3.4. Selektivita

Pojem selektivní působení znamená, že při poruše vypíná pouze prvek nejbližší předřazený poruše. Tím se omezí rozsah rozvodu, který je poruchou zasažen. V praxi jsou tak minimalizovány ekonomické ztráty způsobené výpadkem dodávky elektrické energie. V oblasti přetížení program selektivitu vyhodnocuje na základě vzájemné polohy vypínacích charakteristik za sebou zařazených jisticích prvků. Je zřejmé, že se tyto vypínací charakteristiky nesmí křížit. Vzhledem k výrobním tolerancím jednotlivých prvků se však nesmějí ani příliš vzájemně přibližovat. V oblasti zkratových proudů je situace složitější. Bez provedení příslušných zkoušek můžeme mez selektivity stanovit pouze z hodnoty nastavení časově nezávislé spouště okamžité (zkratové) předřazeného jističe. Skutečnost ověřená zkouškami bude zpravidla příznivější, tím více, čím větší bude rozdíl v typových (fyzických) velikostech obou přístrojů. Program má ve svých databázích řadu naměřených hodnot, které k vyhodnocení selektivity využívá.

V režimu „Selektivita“ se tedy nejprve stanoví mez selektivity, tedy nejvyšší proud, do kterého je daná dvojice selektivní. O výsledku nás pak program informuje třemi různými výpisy.

#### 1. Není selektivní

V tomto případě dvojice nepůsobí selektivně ani v oblasti jmenovitého proudu nebo malých přetížení.

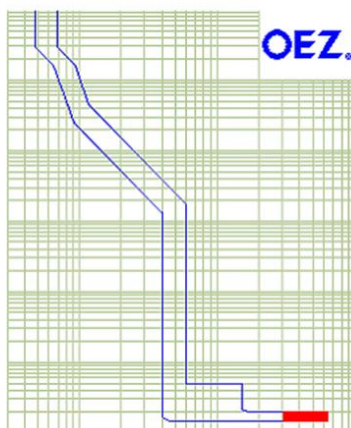
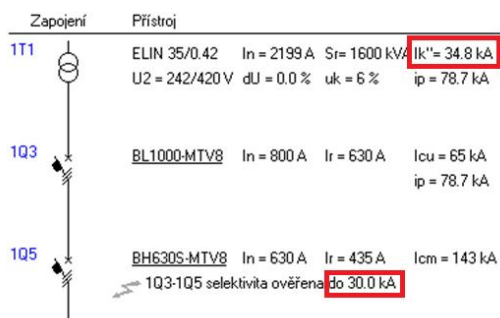
#### 2. Selektivní minimálně do ...

Takto oznámená mez selektivity byla stanovena pouze na základě vzájemné polohy vypínacích charakteristik. Může tomu být proto, že spolu vypínací charakteristiky kolidují ještě před dosažením hodnoty nastavení zkratové spouště předřazeného jističe nebo použitá dvojice není v databázi ověřených hodnot mezí selektivity. Taková dvojice bude zřejmě tvořena jističi stejné typové velikosti.

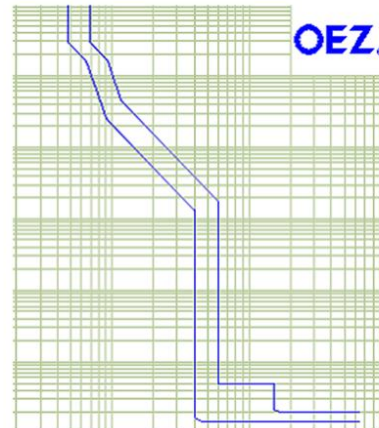
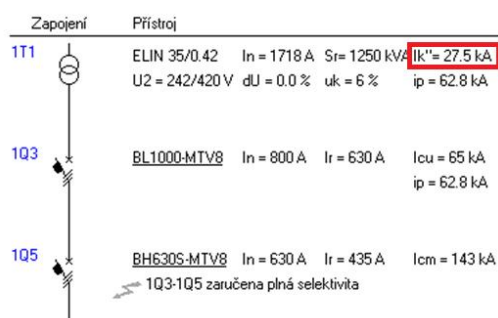
#### 3. Selektivita ověřena do ...

U použité dvojice byla ověřena mez selektivity a vypínací charakteristiky v oblasti přetížení jsou rovněž nastaveny správně tak, že spolu navzájem nekolidují. Použitá dvojice bude působit selektivně až do tohoto mezního proudu (obr. 51a).

V případě, že mez selektivity leží nad maximální hodnotou počátečního rázového zkratového proudu  $I_k''$ , v obvodu nemůže vzniknout proud, který by způsobil neselektivní působení, a výpis je nahrazen oznámením Zaručena plná selektivita (obr. 51b).

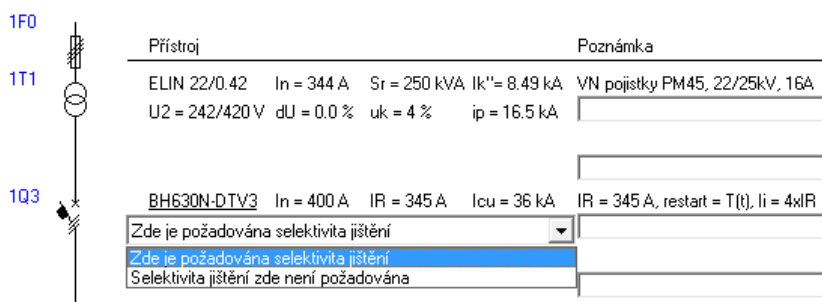


obr. 51a



obr. 51b

V některých případech se selektivita nepožaduje nebo je dokonce nežádoucí. Jako příklad nežádoucí selektivity můžeme uvést selektivitu pojistek jisticích samostatně jednotlivé paralelní kabely proti společnému předřazenému jističi. Zde není žádoucí, aby pojistky při celkovém přetížení začaly vypínat dřív než vypne společný jistič. Pojistky mají v tomto případě za úkol reagovat pouze na nesymetrické rozdělení proudů do jednotlivých paralelních kabelů nebo při poruše na jednom z kabelů. Proto je možné nahradit vyhodnocení selektivity hlášením "Selektivita jistění zde není požadována". Provedeme to tak, že najedeme kurzorem myši nad příslušný výpis a ve zobrazené roletě vybereme požadovanou možnost.



obr. 52

### 5.3.5. Dimenzování a jistění kabelů

Tři základní pravidla pro správné dimenzování a jistění kabelů souvisí se třemi maximálními teplotami kabelů udávanými jejich výrobcí.

#### 1. Maximální provozní teplota $t_n$

Teplota  $t_n$  je u nejběžnějších kabelů s PVC izolací rovna 70 °C. Aby při trvalém ustáleném

provozu nebyla překročena, je třeba, aby jmenovitý (redukovaný) proud jistiění  $I_n(I_R)$  nebyl vyšší než dovolený zatěžovací proud kabelu  $I_z$ .

Pokud tomu tak není, program hlásí např. „**NELZE POUŽÍT -  $I_n(I_R)6 > I_z ( 50.0 A > 43.0 A )$** “, kde číslice 6 značí pozici příslušného jisticího prvku.

Je evidentní, že jmenovitý (redukovaný) proud jistiění  $I_n(I_R)$  rovněž nesmí být menší než trvale přenášený proud  $I_b$ , jinak by zařízení nebylo schopné trvalého provozu.

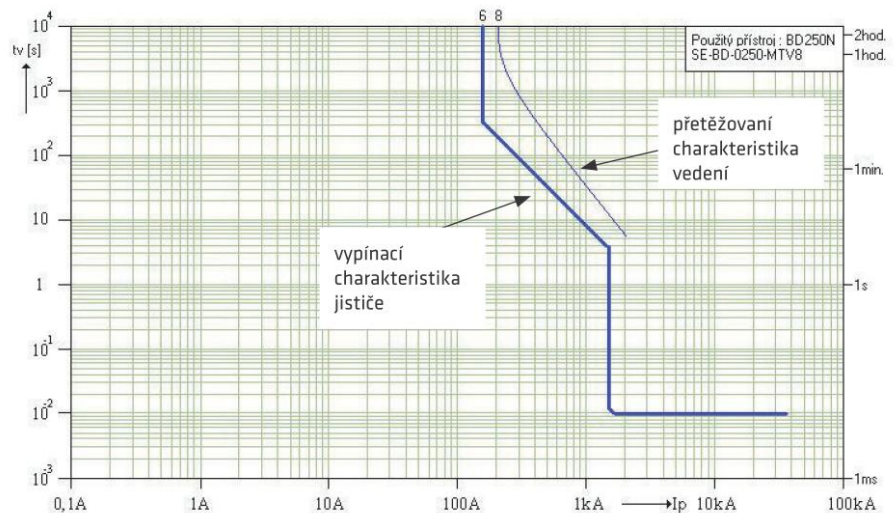
Pokud tomu tak není, program hlásí např. „**Přetížení,  $I = 70.0 A > 50.0 A$** “.

Obě podmínky pak shrnuje nerovnost :  $I_b \leq I_n(I_R) \leq I_z$

## 2. Maximální dovolená teplota kabelu při přetížení $t_{max1}$

Teplota  $t_{max1}$  je u nejběžnějších kabelů s PVC izolací rovna  $120\text{ }^\circ\text{C}$ .

Aby při přetížení nebyla překročena, je třeba, aby vypínací charakteristika příslušného jisticího přístroje ležela vlevo dole od přetěžovací charakteristiky kabelu (obr. 53). Přetěžovací charakteristika kabelu ukazuje, za jak dlouho se při jakém proudu kabel ohřeje právě na teplotu  $t_{max1}$ . Jistiění tedy musí vypínat dříve, než tento okamžik nastane.



obr. 53

Pokud tomu tak není, program hlásí např. „ **$t_m = 147\text{ }^\circ\text{C}$** “. Této teploty kabel dosáhne v bodě, kde je přetěžovací charakteristika kabelu nejvíce pod vypínací charakteristikou jistiění. Naopak hlášení „ $t_m = 114\text{ }^\circ\text{C}$ “ je v pořádku, protože  $114\text{ }^\circ\text{C} < 120\text{ }^\circ\text{C}$ . Teplota  $t_m$  se vztahuje k  $t_{max1}$  nikoli k  $t_n$ .

## 3. Maximální dovolená teplota kabelu při zkratu $t_{max2}$

Teplota  $t_{max2}$  je u nejběžnějších kabelů s PVC izolací rovna  $160\text{ }^\circ\text{C}$ . Aby při zkratu nebyla překročena, je třeba, aby byla splněna podmínka  $I^2t < k^2S^2$ , kde výraz  $I^2t$  představuje činitel prošlé energie. Závisí na použitém jisticím přístroji a velikosti zkratového proudu. Jeho hodnota je dána  $I^2t$  charakteristikou jisticího přístroje. Koeficient  $k$  v sobě zahrnuje vlastnosti materiálu jádra a izolace kabelu a  $S$  je potom průřez jádra.

Pokud nerovnost splněna není, program hlásí „ **$I^2t > k^2S^2$** “.

Jestliže není kterákoli z výše uvedených podmínek splněna, objeví se u příslušného jisticího prvku navíc hlášení „**NELZE POUŽÍT - Jistiění kabelu není zaručeno.**“.

Složitější situace nastane, pokud je vedení tvořeno několika paralelními kabely. Pro svazek těchto kabelů jako celek platí beze zbytku výše uvedená tři pravidla. Komplikace nastávají při poruše na jednom z paralelních kabelů. Celá problematika je podrobně popsána v kapitole 7.6. Jistiění paralelních kabelů.

### 5.3.6. Jistiění přístrojů bez vlastní nadproudové ochrany

Každý prvek elektrického rozvodu musí být chráněn před nadproudy, tedy před přetížením (pokud přichází v úvahu) a před zkratem. Zatímco se jističe, pojistky a proudové chrániče se zabudovanou nadproudovou ochranou ochrání samy, spínače, stykače a proudové chrániče bez vlastní nadproudové ochrany musíme jistit. Ochrana před zkratem musí být zapojena před

jištěným prvkem, ochrana před přetížením může být i za ním, pokud jisticím přístrojem i jištěným prvkem protéká stejný proud, tedy není mezi nimi sběrnice nebo vývod. Pokud jištění zcela chybí, program vrací hlášení např. „**Proudový chránič není jištěn**“. Pokud jištění nechybí, ale není zcela v pořádku, obdržíme hlášení, že např. „**Proudový chránič není správně jištěn**“. Způsob jištění stanoví výrobce. V případě přístrojů OEZ musí být jištění proti přetížení zajištěno pomocí jističe s nanejvýš stejným jmenovitým proudem jako má jištěný prvek nebo pojistkou gG se jmenovitým proudem nejméně o jeden stupeň nižším. Tuto podmínku je snadné pouhým pohledem na schéma ověřit. Pokud i nadále přetrvává hlášení „**Proudový chránič není správně jištěn**“, jedná se o problém s jištěním proti zkratu. Nelze jednoduše říci, v čem je problém a jak situaci řešit. Může se jednat o jeden problém nebo kombinaci několika z nich, možných řešení je ve většině případů více než jedno. Zde je několik informací pro inspiraci: Většina kombinací vychází z nazkoušených hodnot podmíněného zkratového proudu uvedených v katalogu. Pro jištění spínače proti zkratu nikdy nepoužívejte jistič větší typové velikosti, než je spínač. „Fyzicky“ větší přístroje mají větší propuštěnou energii  $I^2t$ . Může se stát, že se i při správné kombinaci přístrojů vyskytne problém s velikostí počátečního rázového zkratového proudu  $I_k$  v místě použití. Ten nesmí být větší než podmíněný zkratový proud. Jestliže je zde použita pojistka, zkuste zmenšit její jmenovitý proud, bude lépe omezovat.

### **5.3.7. Ekonomická optimalizace**

V režimu „Optimalizace“ se u kabelů, u kterých byla provedena, zobrazují výsledky ekonomické optimalizace jejich průřezu. Bližší informace jsou uvedeny v kapitole 7.7. Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů nn. Jako praktický návod poslouží také řešený příklad v kapitole 6.4. Ekonomická optimalizace průřezu kabelů.

## **5.4. Výstupy z programu**

### **5.4.1. Ukládání**

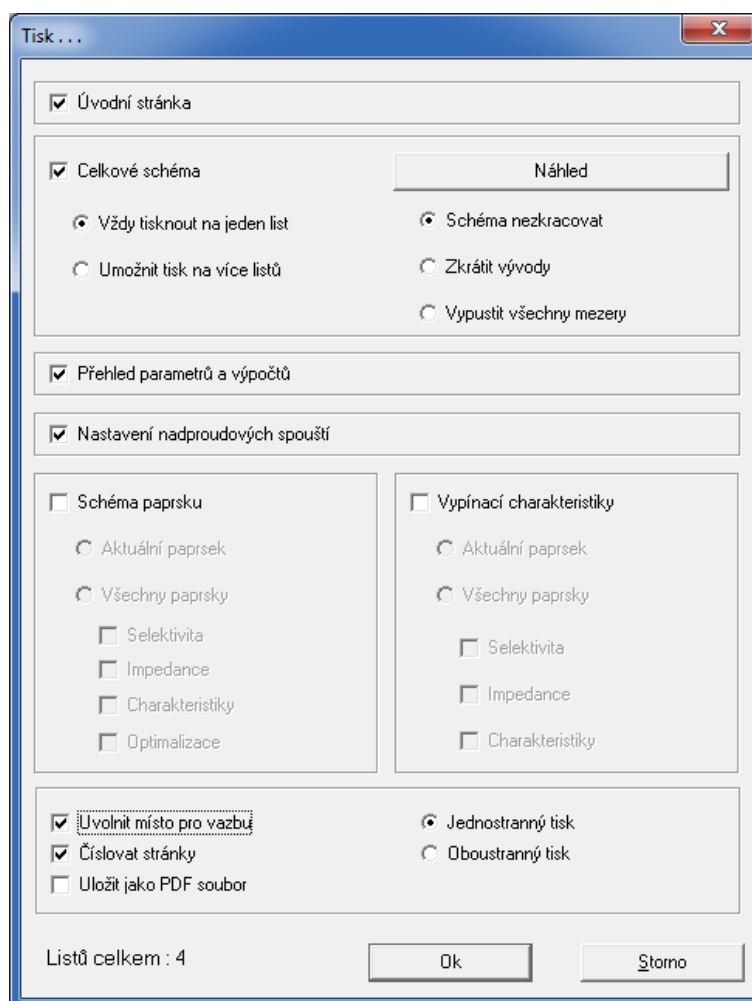
Základním formátem pro ukládání projektů v programu Sichr je soubor s příponou OEZ. Ukládání probíhá standardním způsobem jako u většiny programů pro operační systém Windows. Uložení provedeme z menu „Projekt/Uložit“, stisknutím tlačítka „Uložit projekt“ na panelu nástrojů nebo pomocí klávesové zkratky Ctrl+S. Pokud projekt dosud nebyl uložen, zadáme jeho jméno a vybereme místo pro jeho uložení. Jestliže chceme již uložený projekt uložit pod jiným jménem, abychom si původní nepřepsali, v menu zvolíme „Projekt/Uložit jako...“. Uložený projekt můžeme později otevřít a dále ho upravovat. Otevření provádíme buď z menu „Projekt/Otevřít“ nebo poklepnutím na soubor v Průzkumníku či jiném souborovém manažeru. Projekt lze také otevřít přetažením souboru na plochu spuštěného programu Sichr. Projekt lze snadno uložit ve formátu PDF. Použijeme tiskový výstup (viz následující kapitola) se zaškrtnutou volbou „Uložit jako PDF soubor“ nebo použijeme virtuální tiskárnu, která „tiskne“ do PDF souboru (PDFCreator, PDF-XChange apod.). Jednotlivé části projektu je pak možné ukládat v různých dalších formátech, které lze následně zpracovávat v dalších programech. Export provedeme z menu volbou „Export/...“. Můžeme vybírat z následujících kombinací:

Část projektu	Výstupní formát
Úvodní strana	RTF, XLS
Celkové schéma	DXF, JPG, BMP
Schéma paprsku	JPG, BMP
Přehled parametrů a výpočtů	RTF, XLS

## 5.4.2. Tisk

Tisk zahájíme z menu „Projekt/Tisk...“, stisknutím tlačítka „Tisk...“ na panelu nástrojů nebo klávesovou zkratkou Ctrl+P.

Na tiskovém panelu (obr. 54) máme možnost vybrat si, které části projektu chceme tisknout. Veškeré informace o projektu jsou obsaženy v částech Úvodní stránka + Celkové schéma + Přehled parametrů a výpočtů. Nastavení nadproudových spouští je užitečným vodítkem pro techniky uvádějící zařízení do provozu. Ve zvláštních případech můžeme použít i tisk Schématu paprsku či Vypínacích charakteristik.



obr. 54

Celkové schéma může být velice rozsáhlé a jeho zmenšenina vytisknutá na jeden list papíru by nemusela být čitelná. V tom případě přepneme přepínač na možnost „Umožnit tisk na více listů“. Celkové schéma pak bude rozděleno na jednotlivé listy po deseti paprscích.

Další volbou u tisku celkového schématu je jeho „zkracování“. Každý paprsek má délku 25 pozic, ať jsou obsazeny či ne. V takové podobě bude schéma i vytištěno při volbě „Schéma nezkracovat“. Z estetických důvodů je možné při tisku vypustit neobsazené pozice schématu mezi posledním prvkem paprsku a koncovým vývodem a tím „Zkrátit vývody“ nebo dokonce „Vypustit všechny mezery“, tedy všechny neobsazené pozice. Jak bude zkrácené celkové schéma vypadat, můžeme vidět po stisknutí tlačítka „Náhled“. Přepnutí přepínače do jedné ze

„zkracovacích“ poloh má také vliv na funkci tlačítka „Výběr oblasti“ na panelu nástrojů. Po jeho stisknutí se celkové schéma zkrátí, aby bylo možné správně umístit grafický objekt vzhledem ke zkrácenému schématu. Zároveň je v celkovém schématu zablokována funkce „Přístroje/...“, tedy „Opakovat posloupnost“, „Kopírovat“, „Vyjmout“ a „Odstranit“.

Ve spodní části tiskového panelu je pak několik společných voleb. Při zaškrtnutém políčku „Uvolnit místo pro vazbu“ je výtisk na stránce posunut při jednostranném tisku k pravému okraji, v případě oboustranného potom střídavě u lichých stran k pravému a u sudých pak k levému okraji, aby bylo možné výtisk bez problémů svázat.

Při zapnutém číslování stránek je pak v zápatí každé stránky uvedeno Číslo stránky/Počet stránek.

Poslední volbou je zaškrťovací políčko „Uložit jako PDF soubor“. Pokud je zaškrtnuto, po stisku tlačítka „Ok“ nenásleduje dialog pro výběr tiskárny, na kterou chceme tisknout, ale dialogové okno pro uložení „výtisku“ do PDF souboru na disk. Jestliže máme nainstalovanou virtuální tiskárnu, která „tiskne“ do PDF souboru (PDFCreator, PDF-XChange apod.), můžeme výtisk do PDF souboru uložit i bez zaškrtnutí políčka po následné volbě této tiskárny.

## **6. Řešené příklady**

### **6.1. Elektrický rozvod nn v průmyslu**

#### **6.1.1. Zadání**

Firma na výrobu plastových výlisků sestává z administrativní budovy a ze dvou samostatných provozů – vlastní lisovny a nástrojárny na výrobu lisovacích forem. Navrhněte hlavní elektrický rozvod AC 230/400 V, TN-C napájející samostatně jednotlivé provozy a administrativní budovu z hlavní rozvodny, včetně jmenovitého výkonu napájecího transformátoru vn/nn připojeného k síti vn 22 kV. Kompenzace účinníku bude centrální, připojena k hlavnímu rozváděči.

Instalovaný příkon v jednotlivých objektech:

Administrativní budova	$P_{i(a)} = 75 \text{ kW}$
Lisovna	$P_{i(l)} = 354 \text{ kW}$
Nástrojárna	$P_{i(n)} = 286 \text{ kW}$

Délky vedení (mezi hlavním rozváděčem a rozváděči v jednotlivých objektech):

Administrativní budova	$L_a = 85 \text{ m}$
Lisovna	$L_l = 25 \text{ m}$
Nástrojárna	$L_n = 50 \text{ m}$

Vedení do lisovny bude uloženo v kabelovém kanálu, vedení do administrativní budovy a nástrojárny budou uložena v zemi a z části půjdou společnou trasou.

Vedení  $L_{tr}$  od transformátoru k hlavnímu rozváděči, dlouhé 8 m, bude uloženo na vodorovných perforovaných lávkách ve vzduchu.

#### **6.1.2. Výkonová bilance**

Řešení příkladu bude sestávat ze dvou částí:

Stanovení „výkonové bilance“ elektrického rozvodu

Návrh vedení a jisticích přístrojů

Spustíme program Sichr poklepnáním na ikonu na ploše nebo z nabídky Start. Program zobrazuje prázdnou pracovní stránku, na které budeme vytvářet projekt. Přednastavena je pracovní stránka pro řešení nejobvyklejší sítě, tj. TN jmenovitého napětí AC 230/400 V.



Tento typ sítě souhlasí s řešeným elektrickým rozvodem.

Výkonová bilance elektrického rozvodu v této souvislosti vyjadřuje velikosti výpočtových zatížení (soudobých činných příkonů), účinníků a jim odpovídajících výpočtových proudů (soudobých zdánlivých proudů) tekoucích v jednotlivých částech elektrického rozvodu. Na základě její znalosti můžeme stanovit potřebný výkon napájecího zdroje (transformátoru) a správně navrhnout jisticí a spínací přístroje a vedení.

Pro stanovení výkonové bilance rozvodu je třeba, aby pracovní stránka zobrazovala celkové schéma (menu: Zobrazit – Celkové schéma; panel nástrojů: tlačítko Celkové schéma). Zadáním sběrnice (hlavní rozváděč) a z ní jednotlivých vývodů (napájení jednotlivých objektů) získáme základní schéma rozvodu (obr. 55). Pro označení jednotlivých prvků můžeme použít vlastní značení (menu: Zobrazit – Osobní nastavení – Ostatní – Značení prvků – volba: Uživatelské).

Výkonovou bilanci řešíme směrem od vývodů ke zdroji. Jak bylo uvedeno v obecné části výše, může „spotřebič“, prezentovaný v programu Sichr vývodem, představovat jedno elektrické zařízení nebo třeba celou dílnu. V našem případě budou vývody představovat jednotlivé provozy a administrativní budovu. V těchto objektech známe instalované příkony  $P_i$ . Na základě zkušeností, místních předpisů nebo s využitím, byť starších, norem ČSN 34 1610 *Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách* a ČSN 33 2130 *Elektrotechnické předpisy – vnitřní elektrické rozvody* zvolíme pro jednotlivé objekty koeficienty soudobosti  $\beta$  a výsledné účinníky  $\cos \varphi$ , např.:

*Administrativní budova* – instalovaný příkon představuje většinou velké množství menších odběrů, převážně činného charakteru (záleží také na druhu vytápění, použití klimatizace, rozsahu počítačové sítě atd.)

Volíme:  $\beta = 0,7$ ;  $\cos \varphi = 0,85$  (obr. 56)

*Lisovna* – instalovaný příkon představuje z velké části příkony jednotlivých lisů včetně elektrického vyhřívání jejich lisovacích forem, zařízení na opracování vylisků, vzduchotechniky, osvětlení atd.

Volíme:  $\beta = 0,6$ ;  $\cos \varphi = 0,9$

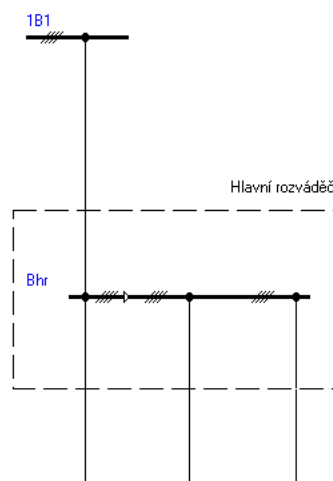
*Nástrojárna* – Instalovaný příkon představují předně obráběcí stroje (soustruhy, frézy, obráběcí centra, brusky, elektroerozivní obráběcí stroje atd.), kalící pec, osvětlení atd.

Volíme:  $\beta = 0,3$ ;  $\cos \varphi = 0,7$

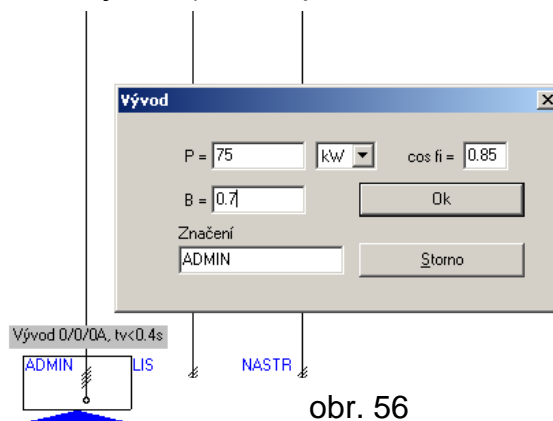
Nyní se vrátíme k základnímu schématu elektrického rozvodu vytvořenému v Sichru. Hodnoty instalovaných příkonů, koeficientů soudobosti a  $\cos \varphi$  zadáme do odpovídajících vývodů na konci paprsků prostřednictvím dialogového panelu, který se otevře po nastavení kurzoru na poslední pozici příslušného paprsku, kliknutím, vybráním Vývod a kliknutím. Jako příklad je uvedeno zadání hodnot do vývodu představujícího administrativní budovu.

OEZ.

Projekt : Hlavní rozvod  
Celkové schéma

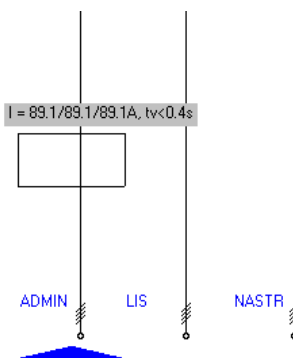


obr. 55



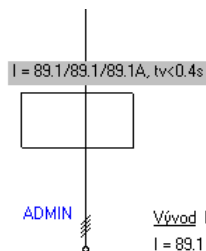
obr. 56

Ze zadaných hodnot vypočítá program výpočtový proud (soudobý zdánlivý proud) a výpočtové zatížení (soudobý činný příkon vývodu) v jednotlivých vývodech (paprcích). Hodnoty výpočtových proudů lze zjistit jak v celkovém schématu, tak schématu příslušného paprsku, nastavením kurzoru na linii paprsku. Hodnoty se zobrazí nad kurzorem a v kalkulatoru, pokud je otevřen.



obr. 57

I [A]	
L1	89.1
L2	89.1
L3	89.1
U [V] TN-C-S	
231	/400
S [kVA]	
61.7	



Vývod P= 75 kW xB= 53 kW cos fi = 0.85 Ik''= 15.0 kA  
I = 89.1 A U = 408 V (Un + 2.0%) B = 0.7 ip = 29.8 kA

obr. 58

Hodnoty výpočtových proudů a zatížení, včetně zadaných hodnot, jsou také uvedeny ve schématu paprsku u vývodu.

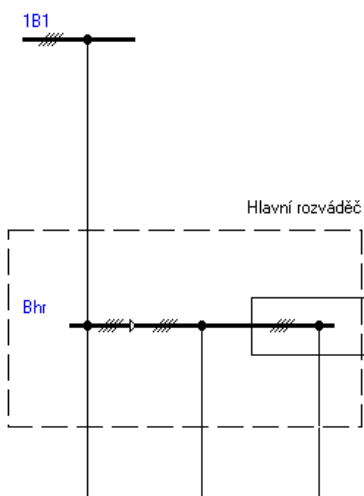
Nyní nám zbývá určit celkové výpočtové zatížení a proud tekoucí od transformátoru do sběrnic hlavního rozváděče. K tomu využijeme možnosti programu SICHr, tj. pracovat se soudobostí odběrů nejen u vývodů, ale také u sběrnic a simulovat kompenzaci účinníku.

Okamžité hodnoty příkonů a proudů jednotlivých vývodů (objektů) napájených z hlavního rozváděče jsou obvykle proměnlivé s časem. Jejich maxima jsou dána výpočtovými hodnotami. Maximální hodnoty v jednotlivých vývodech nejsou obvykle ve stejném časovém okamžiku. Existuje tedy určitá soudobost  $\beta$  odběrů, tj. výpočtových proudů a zatížení.

Podobně jako u vývodů, zvolíme na základě zkušeností nebo pomocí dostupných relevantních materiálů koeficient soudobosti  $\beta$  a  $\cos \varphi$  pro nadřazené místo rozbočení, tj. sběrnici hlavního rozváděče, např.:  $\beta = 0,9$ ;  $\cos \varphi = 0,85$ .

Zvolené hodnoty vložíme do programu ke sběrnici následujícím způsobem. V celkovém schématu nebo schématu paprsku nastavíme kurzor na sběrnici a klikneme.

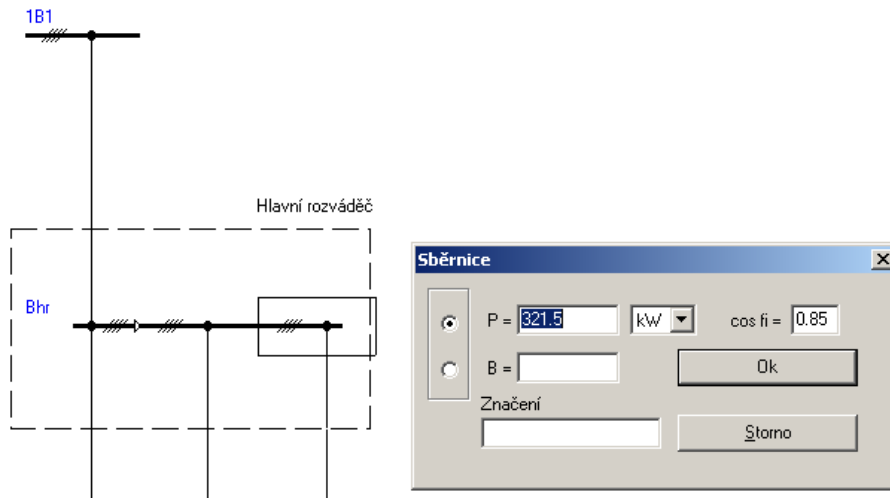
Z nabídky vybereme Soudobost, klikneme a otevře se nám dialogový panel. Máme možnost zadávat buď koeficient soudobosti  $\beta$  a  $\cos \varphi$ , náš případ - přepínač v dolní poloze, nebo přímo výpočtové zatížení nebo proud a  $\cos \varphi$  - přepínač v horní poloze.



Sběrnice	
<input type="radio"/>	I = 546 A cos fi = 0.85
<input checked="" type="radio"/>	B = 0.9
Značení	<input type="text"/>
Ok	
Storno	

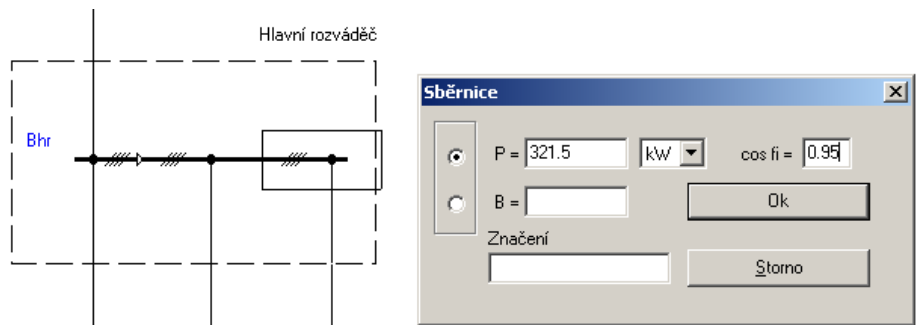
obr. 59

Zadáním koeficientu soudobosti se vypočítá a v dialogovém okně zobrazí výpočtový proud napájející sběrnici. Dále přepneme přepínač do horní polohy pro editaci výpočtového proudu nebo zatížení. V okénku zobrazujícím jednotky vybereme kW. Program dopočítá a zobrazí výpočtové zatížení (soudobý činný příkon sběrnice) pro zvolený  $\cos \varphi$ .



obr. 60

Protože v místě hlavního rozváděče je uvažována kompenzace účinníku a nás zajímá výpočtový proud v přívodním vedení od transformátoru, provedeme simulaci kompenzace tím způsobem, že přepíšeme v dialogovém okně původní hodnotu  $\cos \varphi = 0,85$  na hodnotu po vykompenzování, tj  $\cos \varphi = 0,95$  (energetika požaduje kompenzaci účinníku v rozmezí  $\cos \varphi = (0,95 \div 1,0)$ ).

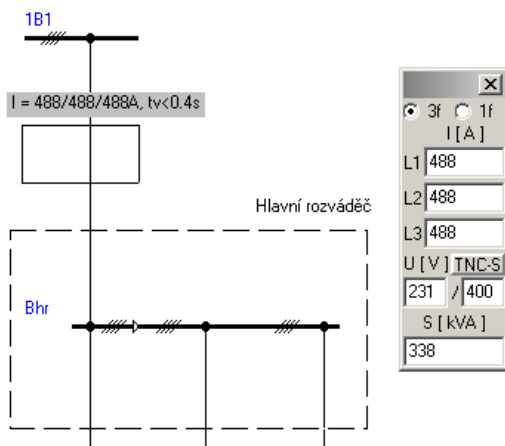


obr. 61

Po změně účinníku program dopočítá výpočtový proud v přívodním vedení odpovídající výpočtovému zatížení  $P = 321,5 \text{ kW}$  a  $\cos \varphi = 0,95$ .

Jeho hodnota se zobrazí (po potvrzení OK) nastavením kurzoru na paprsek přívodu nad kurzorem a v kalkulačce.

Tím jsme dokončili výkonovou bilanci. Nyní známe výpočtová zatížení a proudy v jednotlivých místech navrhovaného elektrického rozvodu a celkové výpočtové zatížení a proud pro stanovení výkonu napájecího transformátoru.



obr. 62

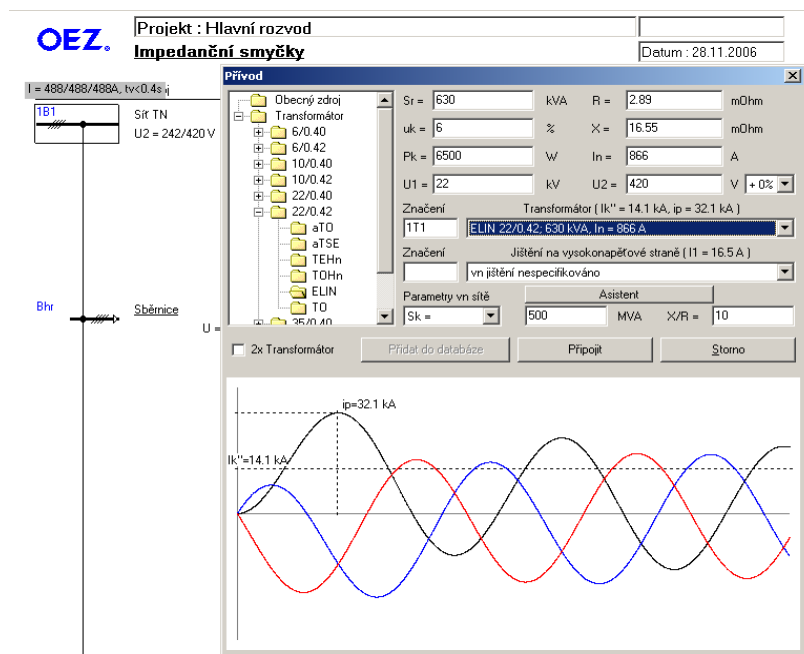
## Přehled výkonové bilance

Část elektrického rozvodu	Výpočtové zatížení [ kW ]	cos φ	Výpočtový proud [ A ]
Přívod do administrativní budovy	53	0,85	89,1
Přívod do lisovny	212	0,9	341
Přívod do nástrojárny	123	0,7	177
Přívod do hlavního rozváděče	321,5	bez kompenzace: 0,85	546
		s kompenzací: 0,95	488

### 6.1.3. Výkon napájecího transformátoru

Při stanovení celkové výkonové bilance jsme zjistili, že celkové výpočtové zatížení (soudobý příkon celé firmy) je  $P = 321,5$  kW a tomu odpovídající proud odebíraný z transformátoru při kompenzaci účinníku na 0,95 je  $I = 488$  A.

S poměrně malou rezervou by stačil napájecí transformátor o výkonu  $S_r = 400$  kVA a jmenovitém proudu  $I_n = 550$  A. Vzhledem k přesnosti určení koeficientů soudobosti a  $\cos \varphi$  a dále k předpokládanému růstu firmy, volíme **výkon napájecího transformátoru  $S_r = 630$  kVA,  $I_n = 866$  A**. Transformátor vložíme do základního schématu navrhovaného rozvodu, pomocí kterého jsme stanovili výkonovou bilanci. Protože program Sichr provádí průběžně výpočty při zobrazení konkrétního paprsku, změním zobrazení z celkového schématu na zobrazení prvního (napájecího) paprsku. Kliknutím na první pozici tohoto paprsku se zobrazí dialogový



obr. 63

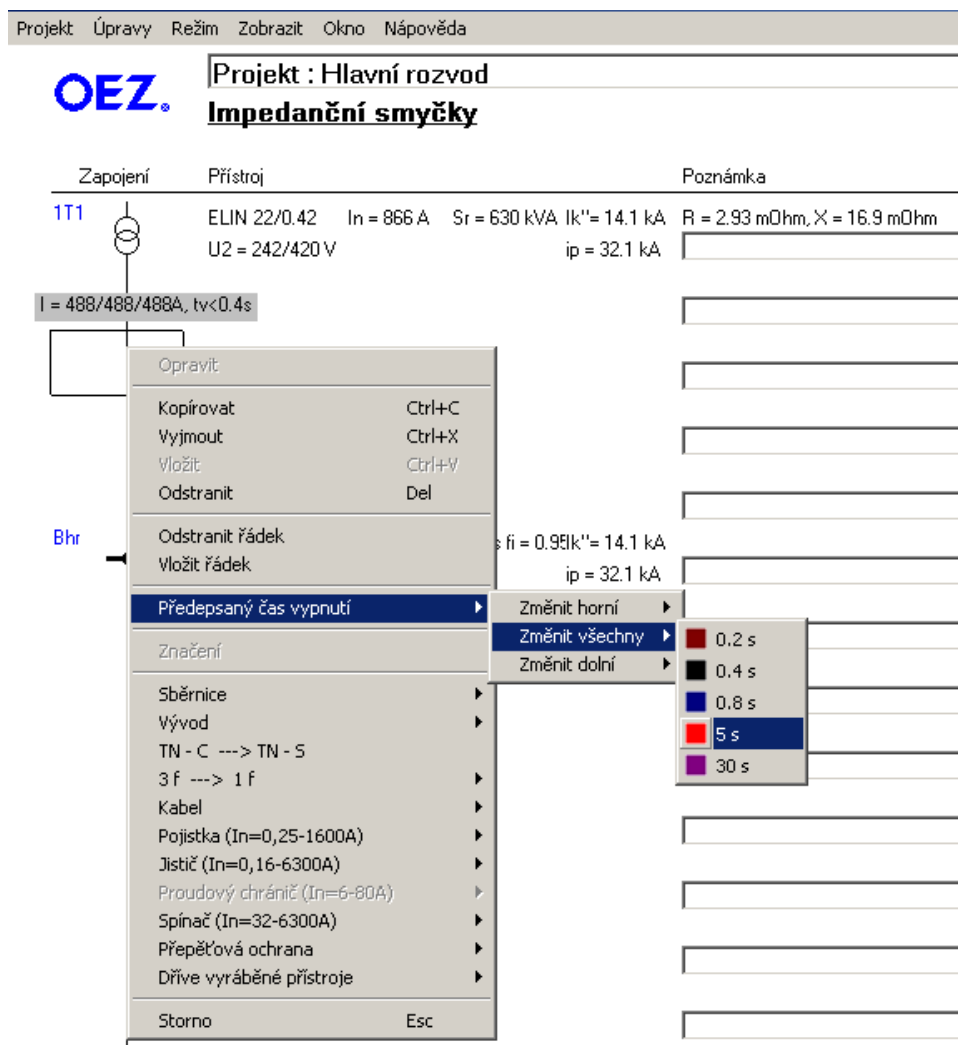
panel pro zadání zdroje. V levé části panelu klikneme na složku Transformátor. Vybereme odpovídající transformátor, v našem případě ELIN 22/0,42 kV; 630 kVA,  $I_n = 866$  A. Impedance vysokonapěťové strany, mající určitý vliv na velikost zkratového proudu a impedanci smyčky, je respektována jejím zkratovým výkonem (přednastaveno 500 MVA, odpovídá velice „tvrdé“ síti, v praxi většinou nižší hodnoty) nebo zkratovým proudem. Ponecháme přednastavenou hodnotu, zkratové proudy budou maximální. Dále máme možnost na tomto panelu vybrat vn pojistku pro jištění vybraného transformátoru proti zkratu.

Klikneme na tlačítko Asistent. Tím se vybere a zobrazí vhodná pojistka (při řešení nebylo provedeno). Nakonec dáme Připojit.

#### 6.1.4. Návrh vedení, jisticích a spínacích přístrojů

Při návrhu jednotlivých prvků rozvodu budeme postupovat směrem od zdroje ke „spotřebičům“. Budeme tak znát při volbě jednotlivých prvků aktuální hodnoty zkratových proudů, impedancí smyček a úbytků napětí.

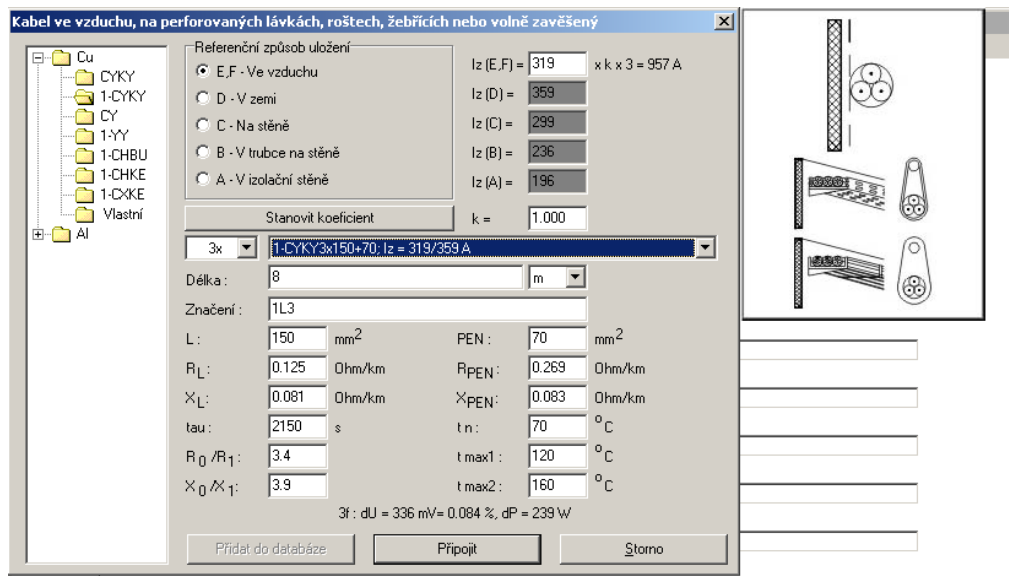
V navrhovaném hlavním rozvodu bude uplatněna ochrana při poruše samočinným odpojením od zdroje. Pro celou tuto část rozvodu lze, podle normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, uplatnit maximální dobu odpojení 5 s. V hlavním menu nebo na Panelu nástrojů přepneme program do režimu Impedance (není podmínkou). Dále kurzor postavíme na libovolné místo paprsku, po kliknutí se zobrazí menu. Vybereme Maximální dobu odpojení – Změnit všechny – 5 s. Dále navrhujeme jednotlivé části rozvodu.



obr. 64

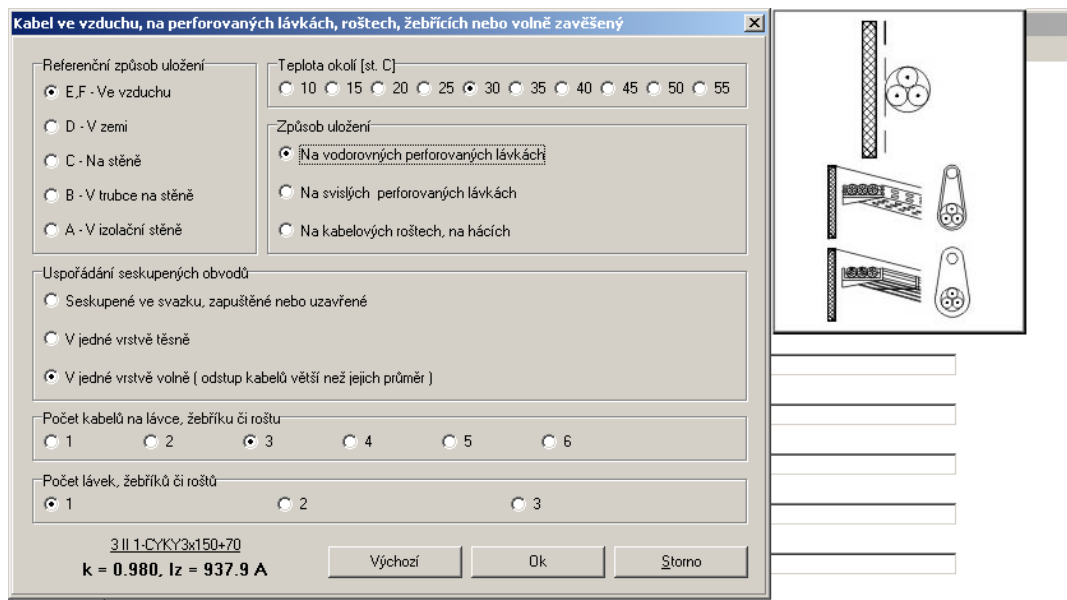
#### 6.1.5. Přívod od transformátoru do hlavního rozváděče

Vedení budeme dimenzovat na jmenovitý proud transformátoru. Jeho dovolený zatěžovací proud při daném uložení musí být tedy minimálně  $I_z = 866$  A. Kurzor postavíme na pozici paprsku, kam chceme vložit přívodní vedení. Po kliknutí se zobrazí dialogový panel pro volbu vedení.



obr. 65

Volíme 3 paralelní kabely 1-CYKY 3x150+70, v souladu se zadáním uložení ve vzduchu a délkou 8 m. Klikneme na tlačítko Stanovit koeficient. Zobrazí se nám dialogový panel pro upřesnění uložení.



obr. 66

Teplota okolí – ponecháme 30 °C; Způsob uložení – ponecháme na perforovaných lávkách; uspořádání seskupených obvodů – volíme V jedné vrstvě volně; Počet kabelů na lávce – volíme 3, protože na lávce budou celkem 3 kabely; Počet lávek – volíme 1, protože souběžně nevedou žádné další kabely na lávkách. Kabely v tomto případě nebudeme samostatně jistit. Celkový dovolený zatěžovací proud navrženého vedení je  $I_z = 937,9$  A. Je téměř dvojnásobný proti předpokládanému výpočtovému proudu  $I = 488$  A danému výpočtovým zatížením a kompenzací, viz výkonová bilance. Pokud bychom zvolili menší průřez vedení, např. jen 2 paralelní kabely, a tím i menší dovolený zatěžovací proud (pro 2 kabely 1-CYKY 3x150+70 je  $I_z = 638$  A), nemohli bychom někdy později při rozšíření firmy bez posílení vedení plně využívat výkon transformátoru.

### 6.1.7. Volba hlavního jisticího přístroje

Hlavní jisticí přístroj na vstupu hlavního rozváděče chrání transformátor vn/nn a vedení od transformátoru proti přetížení. Proti zkratu je chráněn jen v případě vzniku zkratu za jisticím směrem od transformátoru. Transformátor je proti zkratu chráněn vn pojistkou nebo jinou vn ochranou. Vedení od transformátoru nemusí být podle ČSN 33 2000-4-473, čl.473.2.3 chráněno proti zkratu. Proti přetížení může být podle čl. 473.1.1.2 chráněno až na konci (v hlavním rozváděči).

Jako hlavní jisticí přístroj volíme jistič a vzhledem k možné budoucí potřebě využít plný výkon transformátoru, volíme jistič typu BL1000. Jeho jmenovitá vypínací schopnost  $I_{cu} = 65 \text{ kA}$  vzhledem ke zkratovému proudu  $I_k = 13,9 \text{ kA}$  v místě jeho předpokládaného použití je s výraznou rezervou.

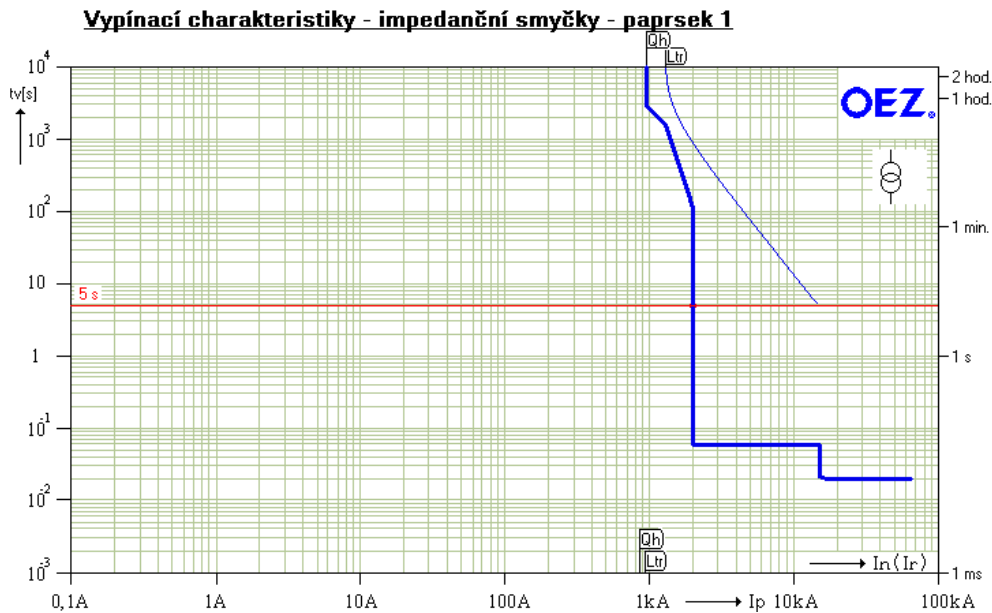
Volbu a vložení jisticího přístroje do projektu provedeme následujícím způsobem. Kurzor postavíme na pozici paprsku, kam ho chceme vložit. Klikneme – z nabídky vybereme Jistič – BL1000 - odklikneme. Zobrazí se dialogový panel pro volbu typu a nastavení nadproudové spouště jističe.



obr. 67

Volíme nadproudovou spoušť typu DTV3 vzhledem k jejímu vhodnému průběhu vypínací charakteristiky pro jištění transformátorů a jednoduchému nastavení. Jmenovitý proud nadproudové spouště volíme  $I_n = 1\,000 \text{ A}$ . Redukovaný proud (konkrétní nastavený proud) nastavíme levým kotoučem na hodnotu jmenovitého proudu transformátoru  $I_R = 866 \text{ A}$  (nebo menší, v případě 2 paralelních kabelů maximálně na hodnotu  $I_R = 630 \text{ A}$ ). Proud, při kterém začíná vypínat nezávislá okamžitá spoušť („zkratovka“), nastavíme pravým kotoučem na hodnotu  $I_i = 2 \text{ kA}$  (předpokládáme, že zatěžovací proud nevykazuje proudové špičky o větší efektivní hodnotě).

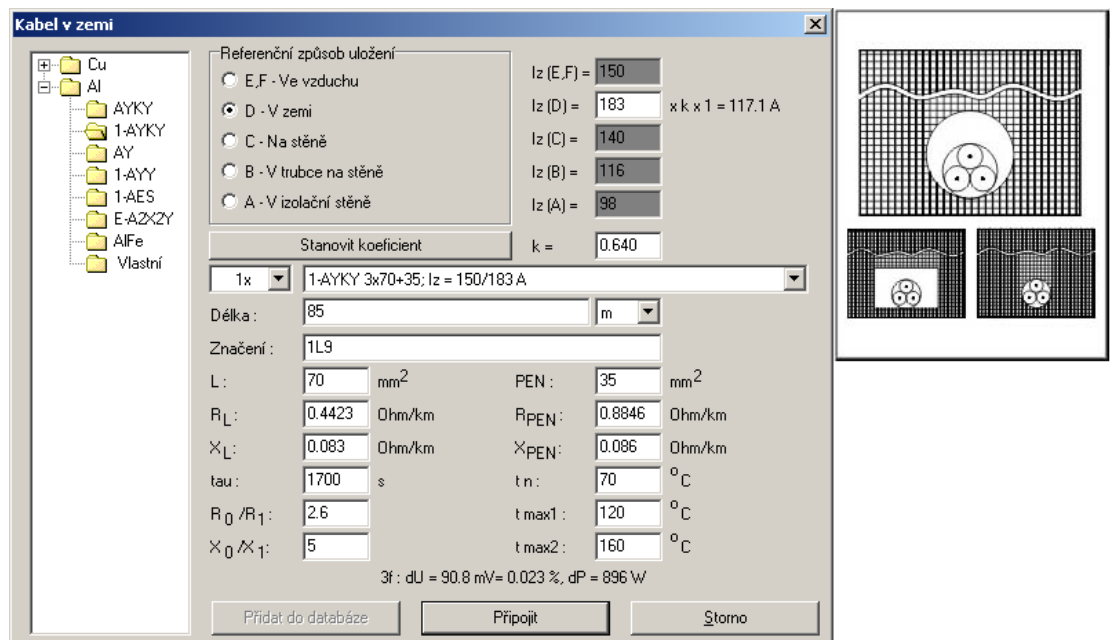
V dolní části obrazovky máme možnost vidět ve společném rastru vypínací charakteristiku zvoleného jističe BL1000 s nastavenou nadproudovou spouští DTV3 a nad ní přetěžovací charakteristiku vedení od transformátoru k hlavnímu rozváděči. Z polohy charakteristik je patrná jejich správná vzájemná koordinace.



obr. 68

### 6.1.8. Přívod do administrativní budovy

Z výkonové bilance vyplývá, že výpočtový proud administrativní budovy je  $I = 89,1$  A. Dovolený zatěžovací proud vedení musí být tedy minimálně stejné nebo větší hodnoty. Volíme kabel AYKY 3x70+35 a v souladu se zadáním uložení v zemi.

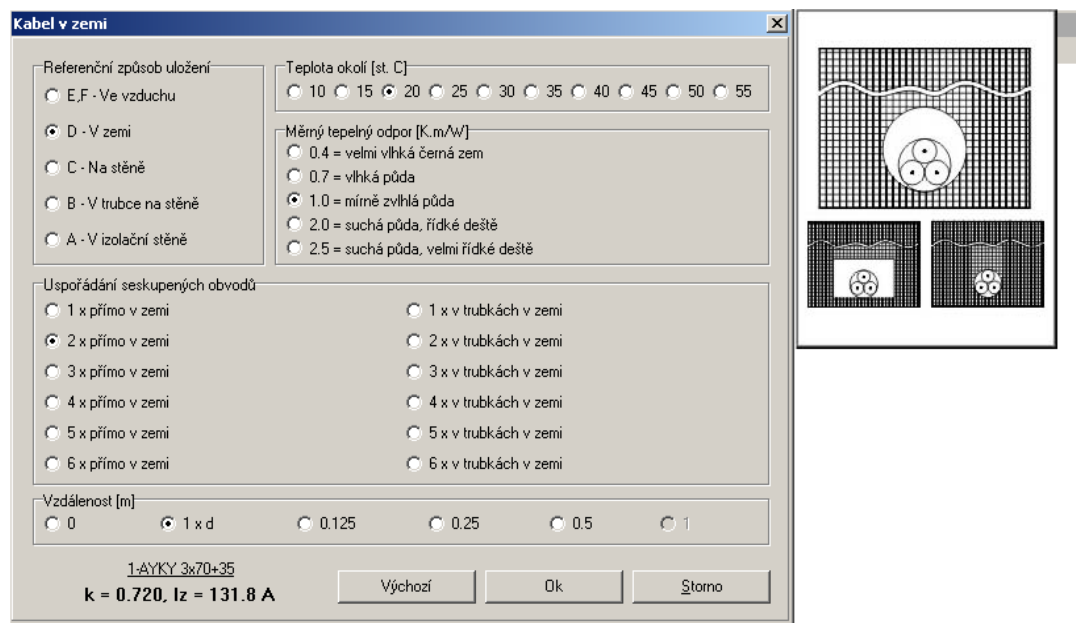


obr. 69

Dále upřesníme uložení kliknutím na tlačítko Stanovit koeficient. Zobrazí se dialogový panel pro upřesnění uložení kabelu, viz obr. 70 Teplotu okolí 20 °C - ponecháme; Měrný tepelný odpor (půdy) - změníme z hodnoty 2,5 na 1,0, protože předpokládáme, že vedení je uloženo



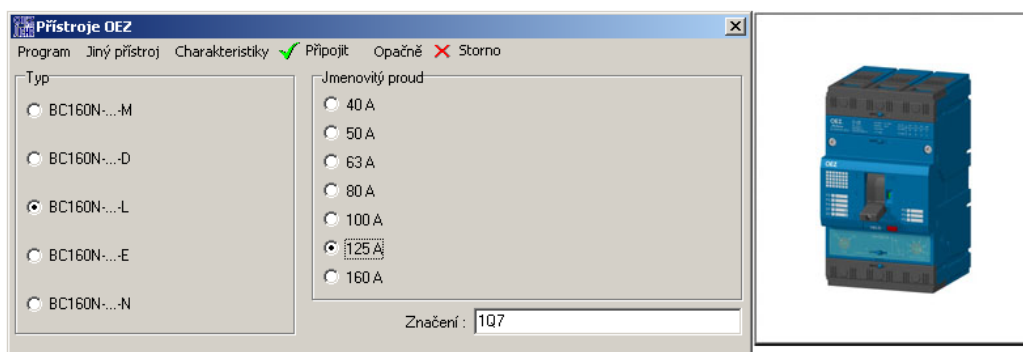
v mírně vlhké půdě; Uspořádání seskupených obvodů – přepneme na 2x přímo v zemi (podle zadání vede v části trasy soubežně přívodní kabelové vedení do nástrojárny); Vzdálenost (seskupených kabelů) – volíme 1xd (vzdálenost rovnající se minimálně průměru kabelu). Na konec klikneme na OK, obrázek dole a poté na Připojit, obrázek nahoře.



obr. 70

Dovolovaný zatěžovací proud vedení napájející administrativní budovu, navrženého kabelem 1-AYKY 3x70+35, je  $I_z = 131,8$  A.

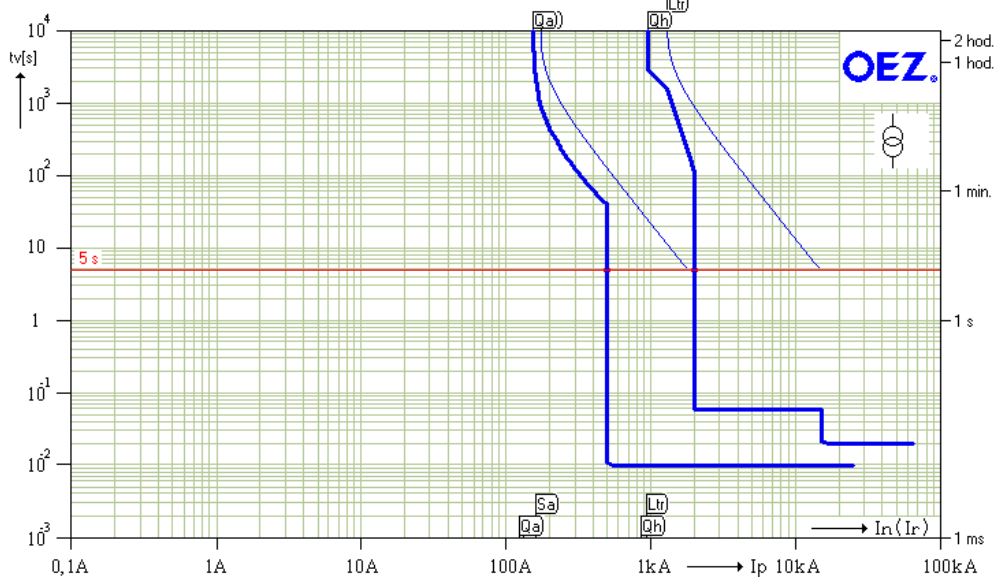
Pro ochranu vedení proti nadproudům, tj. přetížení a zkratu, volíme jistič BC160NT305-125-L umístěný v hlavním rozváděči.



obr. 71

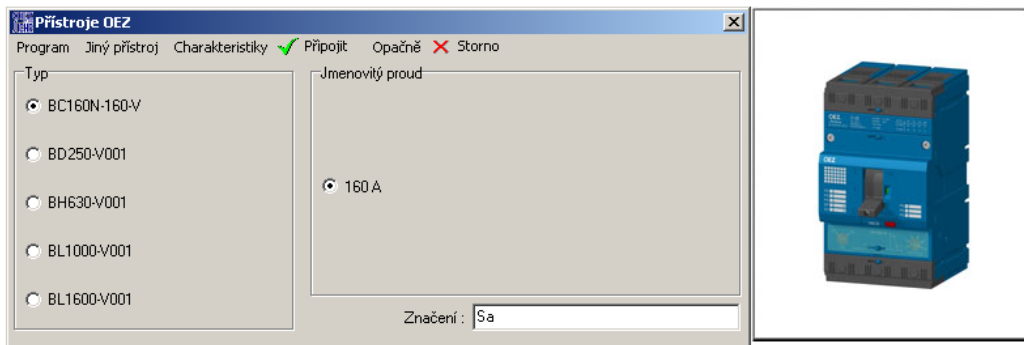
V dolní části pracovního listu je zobrazena vypínací charakteristika jističe (označena  $Q_a$ ) a přetěžovací charakteristika vedení (označení překryto).

### Vypínací charakteristiky - impedanční smyčky - paprsek 1



obr. 72

Jako hlavní přístroj rozváděče administrativní budovy volíme odpínač BC160NT305-160-V, který umožňuje bezpečné odpojení celého elektrického rozvodu budovy.



obr. 72

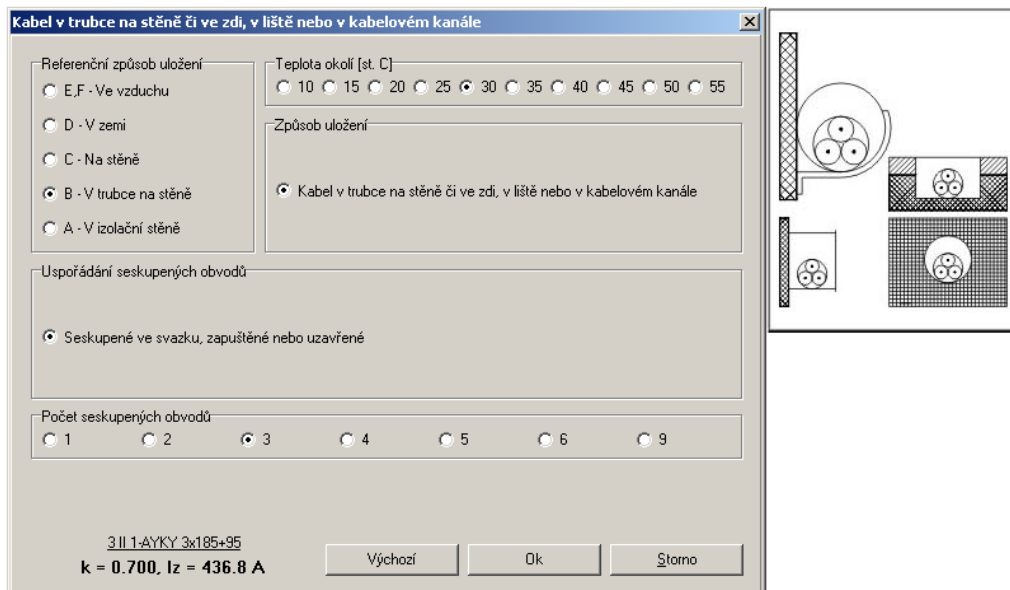
### 6.1.9. Přívod do lisovny

Výpočtový proud lisovny je  $I = 341 \text{ A}$ . Vedení bude uloženo v kabelovém kanálu. Volíme 3 paralelní kabely 1-AYKY 3x185+95.

Parameter	Value	Unit
$I_z (E, F)$	280	A
$I_z (D)$	313	A
$I_z (C)$	259	A
$I_z (B)$	208	A
$I_z (A)$	176	A
$k$	0.700	-
$R_L$	0.16735	Ohm/km
$R_{PEN}$	0.3259	Ohm/km
$X_L$	0.081	Ohm/km
$X_{PEN}$	0.082	Ohm/km
$\tau$	2050	s
$t_n$	70	°C
$R_0 / R_1$	3.4	-
$t_{max1}$	120	°C
$X_0 / X_1$	3.9	-
$t_{max2}$	160	°C

obr. 73

Dále upřesníme uložení vedení. Teplotu okolí 30 °C – ponecháme; Počet seskupených obvodů – přepneme na 3.



obr. 74

Dovolovaný zatěžovací proud vedení napájející lisovnu, navrženého 3 paralelními kabely 1-AYKY 3x185+95, je  $I_z = 436,8 \text{ A}$ .

Pro ochranu vedení proti nadproudům volíme jistič BH630 s nadproudovou spouští DTV3  $I_n = 630 \text{ A}$  (nastaveno:  $I_R = 400 \text{ A}$ ,  $I_I = 4 \times I_R$ ) umístěný v hlavním rozváděči.

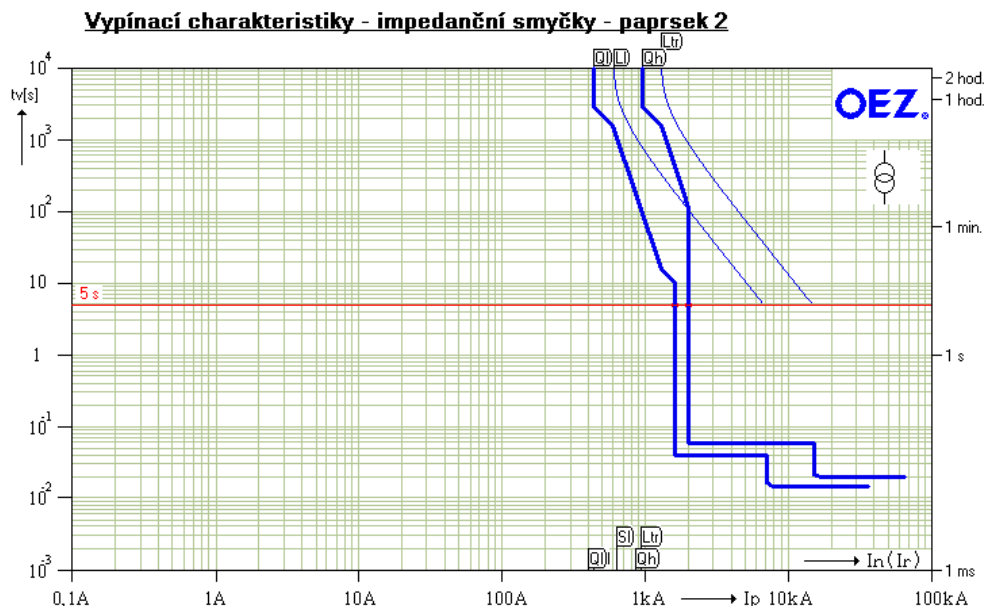


obr. 75

V případě rozšíření firmy, zvýšení odběru lisovny, je možné přívodní vedení doplnit čtvrtým

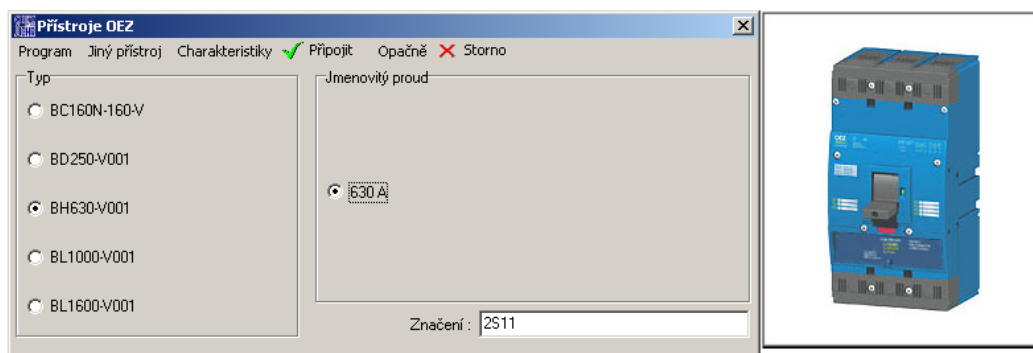
paralelním kabelem 1-AYKY 3x185+95. Nadproudovou spoušť lze v tomto případě nastavit až na  $I_R = 500$  A a zvýšit tak na tuto hodnotu odebraný proud.

Dále je uvedena vypínací charakteristika jističe (označena QI) a přetěžovací charakteristika vedení (označena LI).



obr. 76

Jako hlavní přístroj rozváděče lisovny volíme odpínač BH630, který umožňuje bezpečné odpojení celého elektrického rozvodu lisovny.



obr. 77

### 6.1.10. Přívod do nástrojárny

Výpočtový proud nástrojárny je  $I = 177$  A. Návrh vedení, jeho ochrany proti nadproudům a volbu hlavního přístroje rozvodny nástrojárny provedeme podobným způsobem jako v předchozích případech.

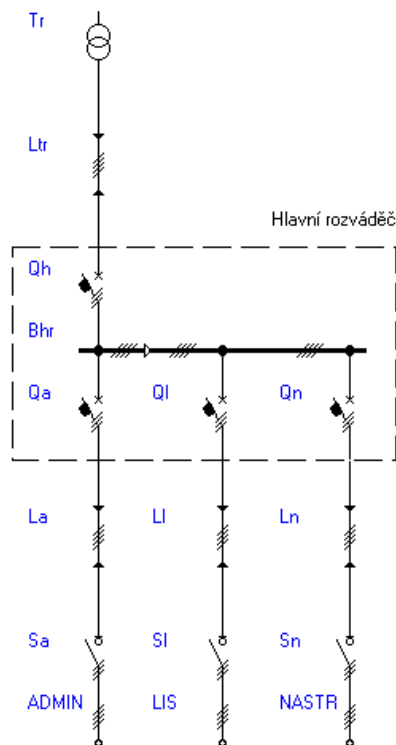
Navržené vedení a přístroje:

Vedení: 1- AYKY 3x185+95 uložený v zemi,  $I_z = 225,4$  A

Jistič: BD250 s nadproudovou spouští DTV3  $I_n = 250$  A (nastaveno:  $I_R = 220$  A,  $I_i = 4 \times I_R$ )

Odpínač: BD250 (hlavní přístroj rozváděče nástrojárny)

Celkové schéma hlavního elektrického rozvodu:



obr. 78

### 6.1.11. Přehled parametrů a výpočtů

Tr	ELIN 22/0.42 U2 = 242/420 V In = 866 A uk = 6 % dU = 3.6 %	Sr = 630 kVA ip = 32.1 kA	Ik* = 14.1 kA	Parametry vn síti: Sk = 500 MVA, X/R = 10
Ltr	3II1-CYKY3x150+70 Iz = 937.9 A dU = 0.1 %	tm = 77 °C ip = 31.0 kA	Ik* = 13.9 kA	8 m ve vzduchu (E) Teplota okolí [st. C]: 30 Uspořádání seskupených obvodů: V jedné vrstvě volně (odstup kabelů větší než jejich průměr) Způsob uložení: Na vodorovných perforovaných lávkách Počet lávek, žebříků či roštů: 1 Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu: 3
Qh	BL1000-DTV3 In = 1000 A	IR = 866 A ip = 31.0 kA	Icu = 65 kA	IR = 866 A., li = 2.00 kA Zs(5 s) = 105 mOhm (Ia = 2.20 kA)
Bhr	Sběrnice P = 321.5 kW, cos φi = 0.95 U = 405 V (Un + 1.3 %)		Ik* = 13.9 kA ip = 31.0 kA	O.K. Zsv < Zs(5 s) (33.0 mOhm < 105 mOhm)
Qa	BC160N-125-L In = 125 A	Icu = 25 kA io = 13.4 kA	li = 500 A	Zs(5 s) = 421 mOhm (Ia = 549 A) Qh-Qa zaručena plná selektivita
La	1-AYKY 3x70+35 Iz = 131.8 A dU = 1.6 % I2t < k2S2	tm = 95 °C ip = 7.41 kA	Ik* = 5.11 kA	85 m v zemi (D) O.K. Zsv < Zs(5 s) (147 mOhm < 421 mOhm) Měrný tepelný odpor [Km/W]: 1.0 = mírně zvlhlá půda Teplota okolí [st. C]: 20 Uspořádání seskupených obvodů: 2 x přímo v zemi Vzdálenost [m]: 1 x d
Sa	BC160N-160-V In = 160 A			

ADMIN	Vývod P= 75 kW xB= 53 kW cos fi = 0.85 I = 89.1 A B = 0.7 ip = 7.41 kA U = 402 V (Un + 0.5 %)	Ik"= 5.11 kA	O.K. Zsv < Zs(5 s) (147 mOhm < 421 mOhm)
QI	BH630N-DTV3 In = 630 A IR = 400 A Icu = 36 kA io = 20.6 kA		IR = 400 A, restart = T(t), li = 4xIR Zs(5 s) = 130 mOhm (Ia = 1.77 kA) Qh-QI zaručena plná selektivita
LI	3II1-AYKY 3x185+95 Iz = 436.8 A tm = 77 °C (Ik"= 13.2 kA) dU = 0.3 % I2t < k2S2 io = 20.0 kA		25 m v trubce na stěně (B) O.K. Zsv < Zs(5 s) (35.3 mOhm < 130 mOhm) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 3
SI	BH630N-V001 In = 630 A		
LIS	Vývod P= 354 kW xB= 212 kW cos fi = 0.9 I = 341 A B = 0.6 U = 405 V (Un + 1.2 %)	(Ik"= 13.2 kA) io = 20.0 kA	O.K. Zsv < Zs(5 s) (35.3 mOhm < 130 mOhm)
Qn	BD250N-DTV3 In = 250 A IR = 220 A Icu = 36 kA io = 15.4 kA		IR = 220 A, restart = T(t), i = 4xIR Zs(5 s) = 239 mOhm (Ia = 966 A) Qh-Qn zaručena plná selektivita
Ln	1-AYKY 3x185+95 Iz = 225.4 A tm = 91 °C (Ik"= 10.0 kA) dU = 0.8 % I2t < k2S2 io = 12.7 kA		50 m v zemi (D) O.K. Zsv < Zs(5 s) (53.1 mOhm < 239 mOhm) Měrný tepelný odpor [Km/W]: 1.0 = mírně zvlhlá půda Teplota okolí [st. C]: 20 Uspořádání seskupených obvodů: 2 x přímo v zemi Vzdálenost [m]: 1 x d
Sn	BD250N-V001 In = 250 A		
NASTR	Vývod P= 286 kW xB= 86 kW cos fi = 0.7 I = 177 A B = 0.3 U = 403 V (Un + 0.8 %)	(Ik"= 10.0 kA) io = 12.7 kA	O.K. Zsv < Zs(5 s) (53.1 mOhm < 239 mOhm)

## 6.2. Elektrický rozvod nn v bytové výstavbě

### 6.2.1. Zadání

Navrhněte hlavní domovní rozvod (od přípojkové skříně po hlavní jističe jednotlivých bytů) pro bytový dům, který má čtyři podlaží a v každém podlaží jsou tři byty. Střední byt má vždy stupeň elektrizace B (11 kW), ostatní dva jsou stupně A (7 kW). Bytové elektroměry s hlavními jističi jsou na jednotlivých podlažích soustředěny v elektroměrovém rozváděči. Elektroměrové rozváděče jsou propojeny stoupacím vedením.

Přívody do bytů jsou trojfázové. Řešení elektrických rozvodů jednotlivých bytů není předmětem tohoto příkladu.

V místě připojení bytového domu na distribuční síť, tj. přípojková skříň, je počáteční rázový zkratový proud při trojfázovém zkratu  $I_{k''} = 7 \text{ kA}$  a napětí  $U = 405 \text{ V}$ . Jmenovitý proud nejbližší nadřazené pojistky je  $I_n = 160 \text{ A}$ .

Délka části hlavního domovního vedení mezi přípojkovou skříní a elektroměrovým rozváděčem v 1. podlaží je 8 m. Délky stoupacích vedení mezi elektroměrovými rozváděči v jednotlivých podlažích jsou stejné a rovnají se 5 m.

### 6.2.2. Výkonová bilance

Stejně jako v předchozím příkladu bude řešení sestávat ze dvou částí:

## Stanovení „výkonové bilance“ elektrického rozvodu Návrh vedení a jisticích přístrojů

Okamžité hodnoty příkonu jednotlivých bytů připojených na hlavní domovní vedení se v průběhu času mění. Výsledný maximální soudobý příkon všech bytů a tedy výpočtové zatížení hlavního domovního vedení je dáno součtem příkonů jednotlivých bytů podle stupně elektrizace a koeficientem soudobosti. Norma ČSN 33 2130 Elektrotechnické předpisy – vnitřní elektrické rozvody uvádí velikost koeficientu soudobosti v závislosti na počtu bytů ve skupině. Pro 12 bytů ve skupině uvádí  $\beta = 0,43$ .

Vlastní řešení s pomocí programu SICHR můžeme provést dvěma základními způsoby:

- a) pomocí sběrnic a vývodů z nich
- b) pomocí vývodů ze stoupacího vedení

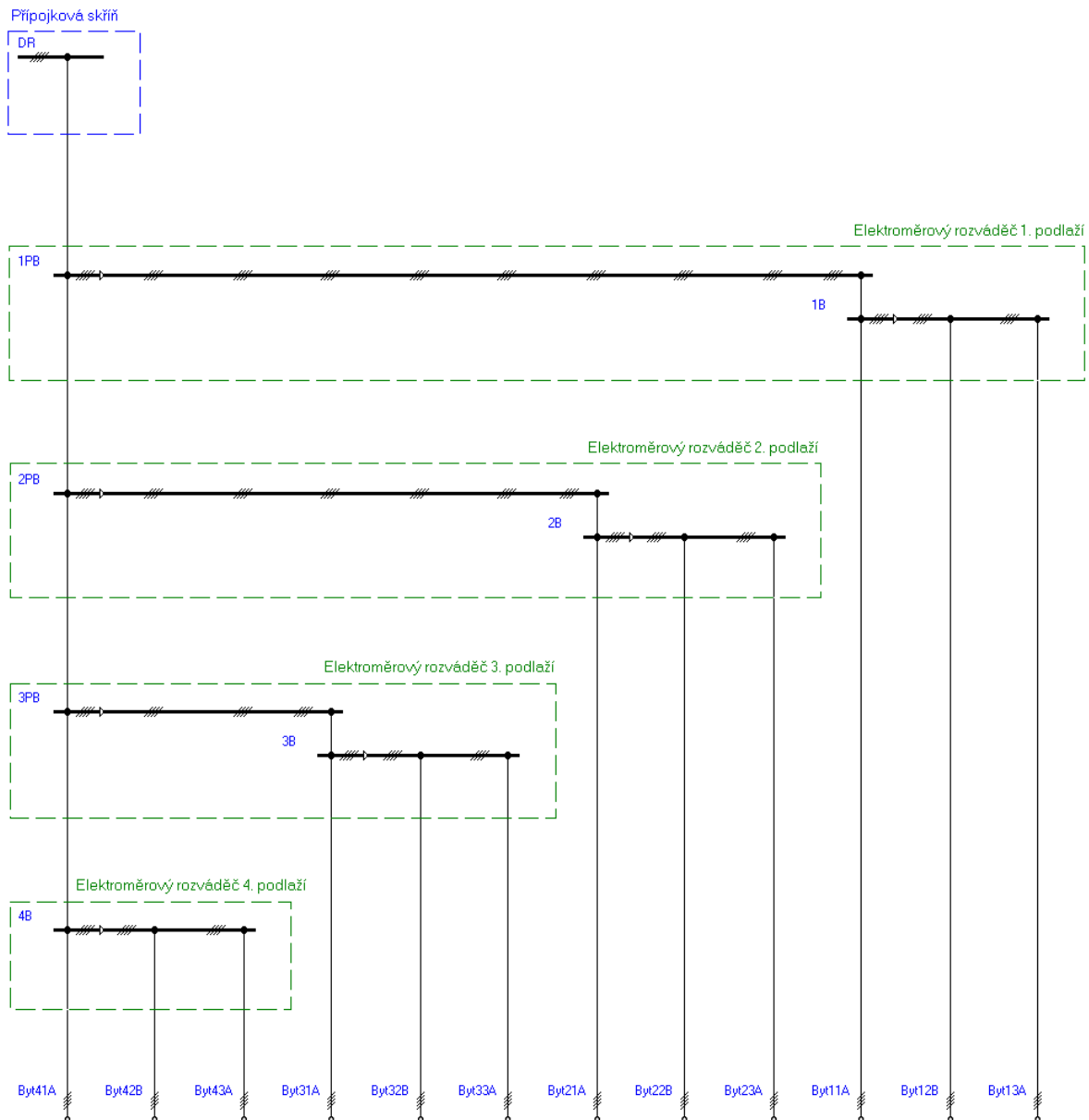
### a) Řešení pomocí sběrnic a vývodů z nich

Tento způsob řešení je sice pracnější, je ale přehlednější a umožňuje řešit i další části rozvodu, jako např. vedení k podružným rozváděčům atd.

Sběrnice představují jednotlivé elektroměrové rozváděče. Vývody z nich představují jednotlivé byty, jejich soudobý příkon daný stupněm elektrizace. Aby se proudy tekoucí v hlavním domovním (stoupacím) vedení z bytů ve vyšších podlažích sčítaly s příspěvky od bytů v jednotlivých podlažích a nebyly redukovány ještě jednou koeficientem soudobosti, musíme při tvorbě schématu použít v elektroměrových rozváděčích na jednotlivých podlažích (vyjma nejvyššího podlaží) pomocné fiktivní sběrnice PB. Z těchto pomocných sběrnic jsou napájeny skutečné sběrnice B a dále část stoupacího vedení napájející vyšší podlaží.

Sběrnice a vývody vkládáme při zobrazení pracovní plochy Celkové schéma. Pro označení jednotlivých prvků schématu použijeme „Uživatelské značení prvků“ (viz Osobní nastavení).

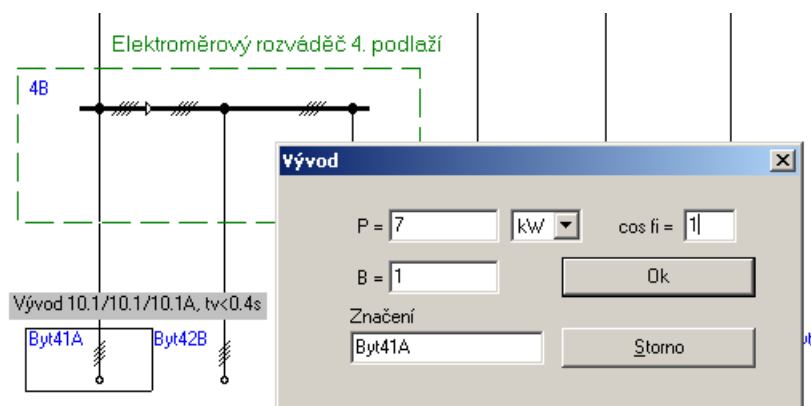
Dostaneme celkové základní schéma:



obr. 79

Dále zadáme k jednotlivým prvkům vytvořeného základního schématu odpovídající parametry. (Rychlejší postup je, zadávat parametry jednotlivých prvků schématu už při jejich vkládání do schématu. Tento postup byl zvolen s ohledem na větší srozumitelnost.) Začneme vývody představující jednotlivé byty v nejvyšším, tj 4. podlaží. 1. Například pro Byt41A, tj. byt ve 4. podlaží se stupněm elektrizace A zadáme:  $P = 7 \text{ kW}$ ;  $\beta = 1$ ;  $\cos \varphi = 1$ .

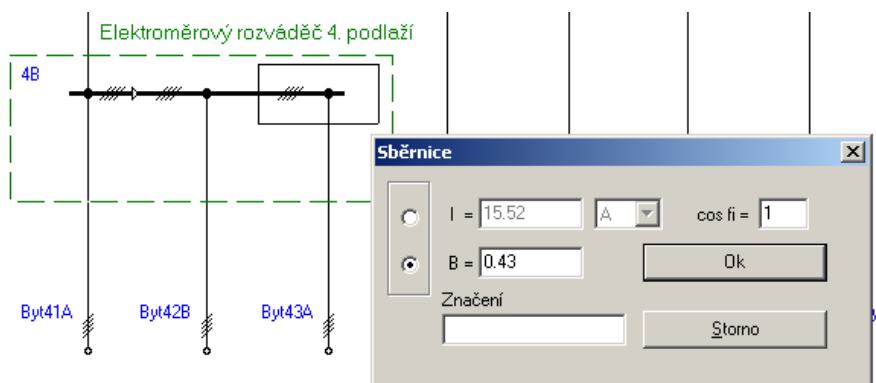




obr. 80

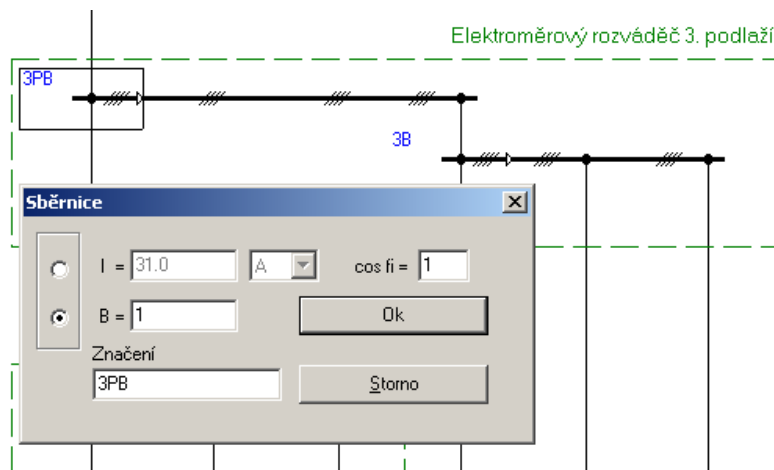
Koeficient soudobosti  $\beta = 1$  v tomto případě respektuje skutečnost, že přívodem k elektroměru a dále k podružnému rozváděči může téci výpočtový proud odpovídající stupni elektrizace bytu. Velikost tohoto proudu v jednotlivých fázích (10,1 A) vidíme nad příslušným vývodem v tmavém obdélníku. To má význam, pokud bychom současně řešili další části rozvodu, nejen hlavní domovní vedení jako v tomto případě.

Nyní zadáme parametry ke sběrnici 4B představující sběrnici elektroměrového rozváděče ve 4. podlaží: přepínač na levé straně dialogového okna přepneme do polohy pro zadávání soudobosti  $\beta$  (dolní poloha) a zadáme  $\beta = 0,43$  a  $\cos \varphi = 1$ . V levé horní části dialogového okna je zobrazen proud, který představuje příspěvek do výsledného soudobého proudu (výpočtového proudu) tekoucího stoupacím vedením, a to příspěvek od bytů ve 4. podlaží daný výpočtovými proudy jednotlivých bytů a zadaným koeficientem soudobosti.



obr. 81

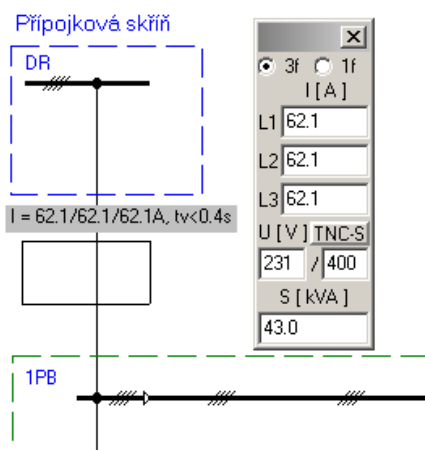
Stejným způsobem zadáme parametry k vývodům představující byty ve 3. podlaží a sběrnici 3B představující sběrnici elektroměrového rozváděče ve 3. podlaží. Dále zadáme parametry k pomocné sběrnici. Zadáme  $\beta = 1$  a  $\cos \varphi = 1$ .



obr. 82

V levém horním rohu dialogového okna je zobrazen proud tekoucí hlavním vedením mezi 2. a 3. podlažím, a který je dán součtem proudů tekoucích do bytů v 3. podlaží a proudu tekoucího stoupacím vedením do bytů ve 4. podlaží. Pokud bychom nepoužili pomocnou sběrnici 3PB a stoupací vedení do 4. podlaží připojili na sběrnici 3B, přičítal by se proud tekoucí tímto stoupacím vedením redukováný koeficientem soudobosti  $\beta = 0,43$ . Takže proud tekoucí do bytů ve 4. podlaží by byl redukován koeficientem soudobosti dvakrát.

Dále zadáme parametry k vývodům a sběrnicím 2. a 1. podlaží. Tím jsme dokončili výkonovou bilanci. Nyní známe proudy v jednotlivých částech hlavního domovního (stoupacího) vedení. Proudů tekoucí v jednotlivých místech elektrického rozvodu se zobrazí položením kurzoru na toto místo, a to nad kurzorem nebo v kalkulátoru, pokud je zapnut.



obr. 83

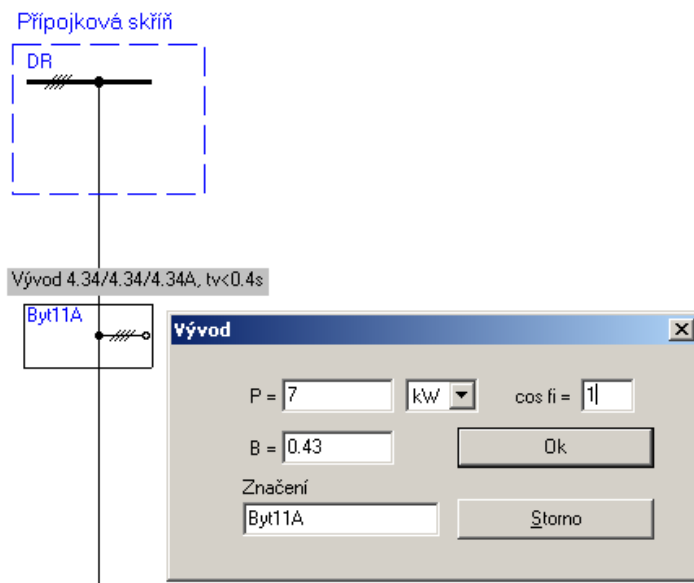
b) Řešení pomocí vývodů ze stoupacího vedení

Tento způsob řešení je jednodušší z hlediska sestavení celkového základního schématu.

Neumožňuje ale řešit v jednom projektu části rozvodu navazující na jednotlivé vývody z vedení (v jednom projektu lze ale použít obě metody).

Jednotlivé vývody z vedení představují jednotlivé byty. Sběrnice elektroměrových rozváděčů nejsou zobrazeny. Při zobrazení pracovní plochy „Celkové schéma“ vložíme postupně

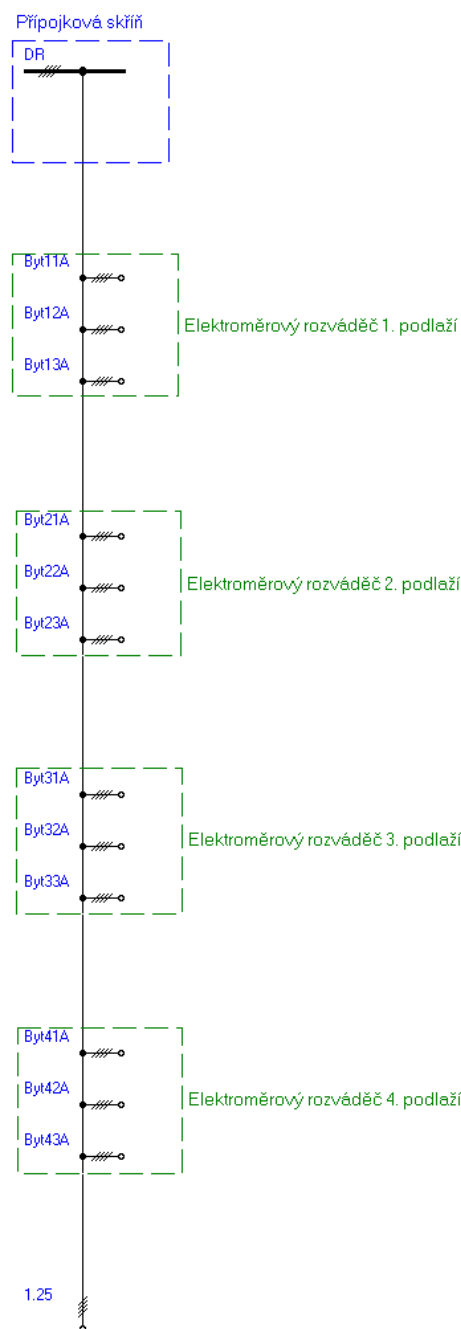
všechny vývody a současně zadáme jejich parametry. Pro ilustraci je dále ukázáno zadání parametrů k vývodu představujícímu krajní byt v 1. podlaží:



obr. 84

Koeficient soudobosti je zadán  $\beta = 0,43$ , protože každý byt se podílí na výsledném výpočtovém zatížení a tedy i proudu v hlavním domovním vedení svým výpočtovým proudem redukováným koeficientem soudobosti.

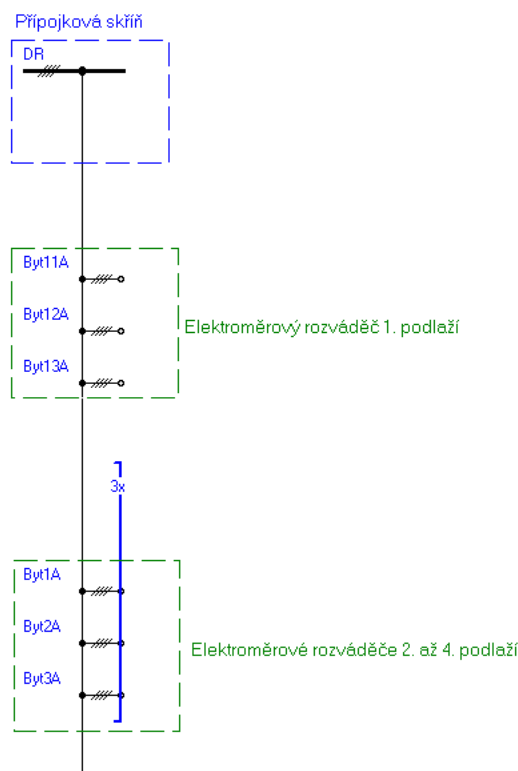
Koncový vývod paprsku (označen 1.25) nebudeme uvažovat (umožní další zjednodušení). Dostaneme následující celkové základní schéma:



obr. 85

Pokud jsou jednotlivá podlaží z hlediska elektrického rozvodu stejná a stejné jsou také úseky stoupacího vedení mezi podlažími, můžeme využít funkce programu Sichr „Opakovat posloupnost“ prvků (přístrojů a vedení) a celé schéma dále zjednodušit. V našem případě se liší pouze délka 1. úseku hlavního domovního vedení. V tomto případě postupujeme při tvorbě celkového základního schématu následovně: vložíme vývody představující byty v prvním podlaží. Vynecháme alespoň jednu pozici pro vkládání prvků (v našem případě jsme pro přehlednost vynechali tři pozice) a vložíme vývody představující byty v druhém podlaží. Do volné pozice vložíme později, až budeme znát maximální proud v hlavním domovním vedení, úsek stoupacího vedení mezi dvěma podlažími. Dále pomocí nástroje Výběr oblasti (menu:

Úpravy – Výběr oblasti – Přístroje – Opakovat posloupnost – Počet opakování) vybereme vývody představující byty v 2. podlaží a zatím volnou pozici, do které později vložíme úsek stoupacího vedení. Do okna počet opakování napíšeme 3 a odklikneme OK. Dostaneme následující celkové základní schéma:

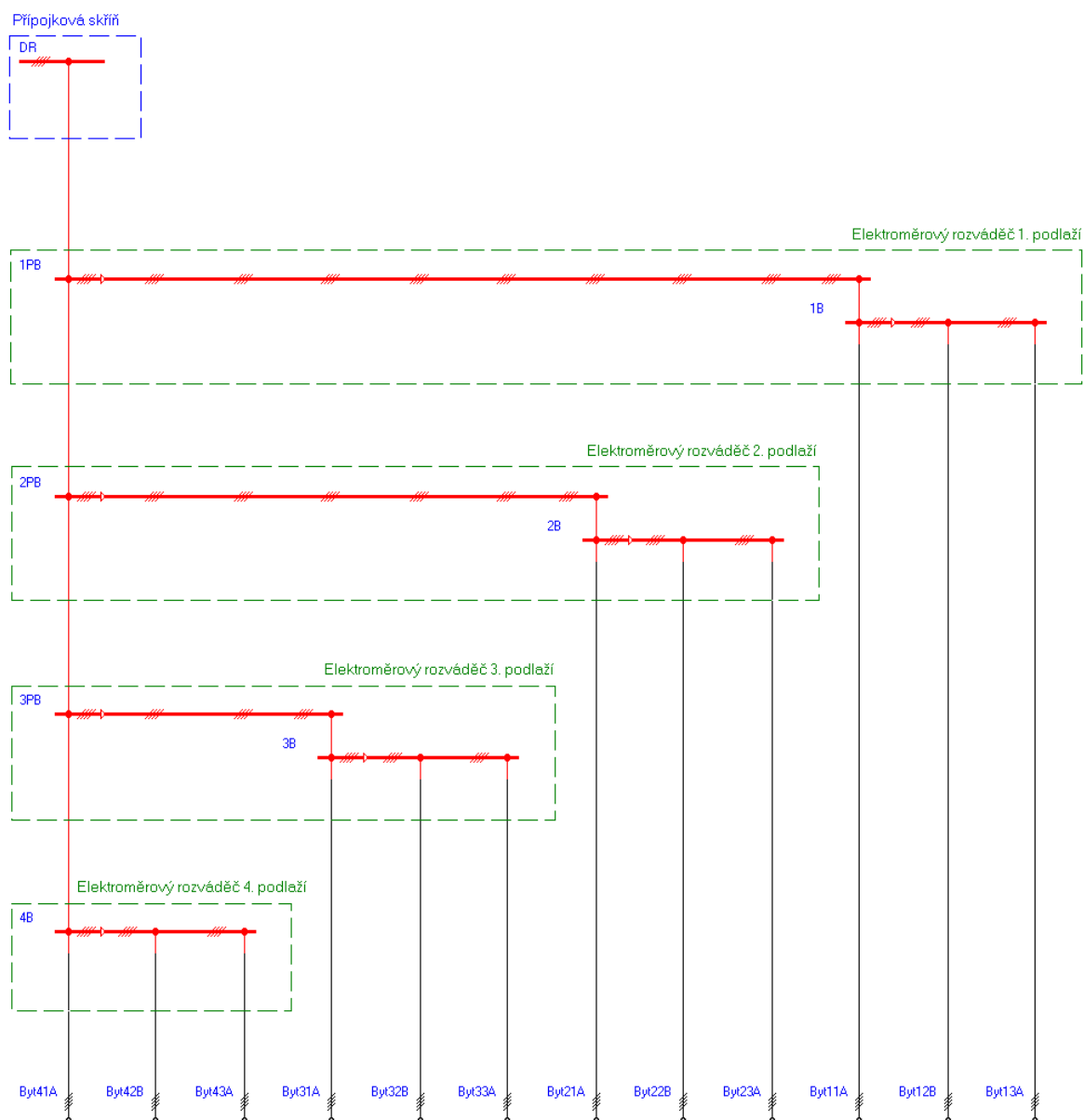


obr. 86

Ve všech výše uvedených případech řešení výkonové bilance, různými způsoby sestavování celkového výsledného schématu, dostáváme pochopitelně stejný maximální výpočtový proud tekoucí hlavním domovním vedením. Tento proud, jehož velikost je  $I = 62,1 \text{ A}$ , teče jeho 1. úsekem, tj. mezi přípojkovou skříň a elektroměrovým rozváděčem v 1. podlaží.

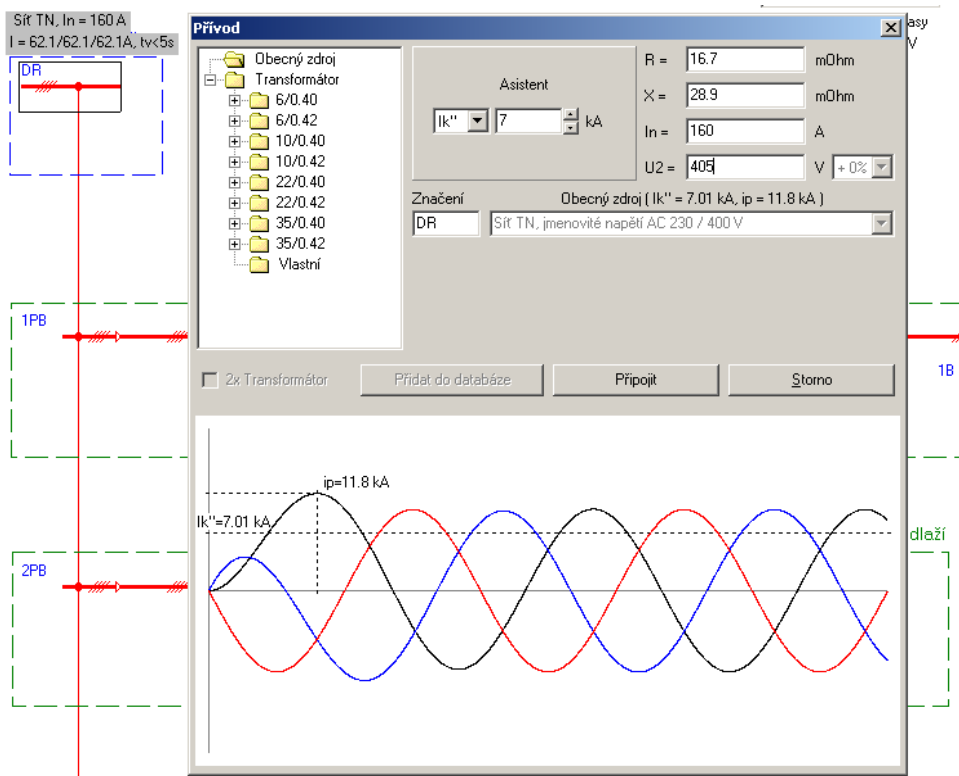
### **6.2.3. Návrh vedení a jisticích přístrojů**

Před vlastním návrhem vedení a jisticích přístrojů musíme zadat k jednotlivým částem rozvodu maximální doby odpojení plynoucí z požadavků na zajištění ochrany samočinným odpojením od zdroje. Pro hlavní domovní vedení až po hlavní jističe v elektroměrových rozváděčích lze uplatnit podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 dobu odpojení nepřesahující 5 s. V rozvodu za těmito jističi je nutné uplatnit dobu 0,4 s. V případě řešení pomocí sběrnic, kdy celkové základní schéma obsahuje i část za hlavními jističi, provedeme zadání doby odpojení následujícím způsobem. Program přepneme do režimu Impedance. Kurzor postavíme na kteroukoliv pozici celkového schématu, mimo pozice znázorňující sběrnice, zdroj nebo vývody a klikneme levým tlačítkem myši. V nabídce vybereme Maximální dobu odpojení – Změnit všechny – 5 s. Následně ve všech paprscích, za sběrnicemi představujícími elektroměrové rozváděče, změním dobu odpojení na 0,4 s.



obr. 87

Pokud provádíme řešení pomocí vývodů, zobrazuje celkové výsledné schéma jen hlavní domovní vedení a pro celé schéma tedy platí doba odpojení 5 s.



obr. 88

Dále musíme specifikovat zdroj. Obvykle jím je distribuční transformátor vn/nn. V našem případě ale neznáme jeho velikost, ani neznáme parametry následných úseků vedení. Známe ale trojfázový zkratový proud  $I_k'' = 7 \text{ kA}$  a napětí  $U = 405 \text{ V}$  v místě přípojkové skříně a jmenovitý proud nejbližší nadřazené pojistky  $I_n = 160 \text{ A}$ . Můžeme tedy provést specifikaci pomocí obecného zdroje. Kurzor postavíme na první pozici prvního paprsku. Po kliknutí na levé nebo pravé tlačítko myši se zobrazí dialogové okno pro specifikování přívodu (zdroje). Vybereme Obecný zdroj a zadáme parametry:  $I_k'' = 7 \text{ kA}$ ,  $I_n = 160 \text{ A}$  a  $U_2 = 405 \text{ V}$ . Můžeme provést označení obecného zdroje DR (distribuční rozvod).

Nyní již můžeme provést vlastní návrh hlavního domovního vedení a jeho nadproudovou ochranu. Hlavní domovní vedení, všechny jeho úseky, se navrhují až na výjimky na stejný průřez odpovídající maximálnímu výpočtovému proudu. Realizuje se jednožilovými vodiči nebo vícežilovými kabely uloženými pro snadnější výměnu v trubkách nebo stavebních dutinách (uložení B). Navržené hlavní domovní vedení je třeba zkontrolovat také z hlediska úbytku napětí podle ČSN 33 2130.

Jmenovitý proud pojistek v přípojkové skříně je třeba volit s určitou rezervou vzhledem k výpočtovému proudu  $62,1 \text{ A}$  v hlavním domovním vedení. Volíme tedy pojistkové vložky PN000 80 A gG spolu s řadovým pojistkovým odpínačem FH000. Tyto pojistky zajišťují nadproudovou ochranu hlavního domovního vedení, a proto jim musí odpovídat jeho volba. Hlavní domovní vedení, jednotlivé jeho úseky, tedy navrhujeme jednožilovými vodiči  $3 \times \text{CY } 35 + 1 \times \text{CY } 25$  (v Sichru označeno CY 1x35+25). Pojistky i vedení je vhodné vkládat do vytvořeného schématu při zobrazení pracovní plochy jednoho (prvního) paprsku při zvoleném režimu Impedanční smyčky.

## Vkládání pojistek při řešení pomocí sběrnic:

**OEZ** Projekt : Bytový dům  
**Impedanční smyčky** Datum : 19.6.2007  
Bytový dům\_sběrnice\_časy  
Síť TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	In = 160 A	Ik''= 7.01 kA	Ri = 16.7 mOhm, X = 28.9 mOhm	Poznámka
DR	Síť TN	In = 160 A	Ik''= 7.01 kA	Ri = 16.7 mOhm, X = 28.9 mOhm	
I = 62.1/62.1/62.1A, tv<5s					

**Přístroje OEZ**  
Program Jiný přístroj Charakteristiky  Připojit  Storno

Typ  
 PN000gG  
 PN00gG  
 PN1gG  
 PN2gG  
 PN3gG  
 PN4a gG

FH000 ▶ bez N-pólu  
 FH00 ◯ 40 A  
 SL00 ◯ 50 A  
 L00 ◯ 63 A  
 SPB00 ◯ 80 A  
 SPF00 ◯ 100 A  
 Dříve vyráběné přístroje  
 32 A  
 35 A  
 125 A  
 160 A  
**Cd/Pb-free**

Značení : 1F2

2PB Sběrnice B = 1 Ik''= 7.01 kA  
U = 401 V (Un + 0.4%)

obr. 89

## Vkládání vedení při řešení pomocí sběrnic:

DR Síť TN In = 160 A Ik''= 7.01 kA Ri = 16.7 mOhm, X = 28.9 mOhm  
U2 = 234/405 V

1F2 PN000gG In = 80 A Icon = 120 kA Připojeno pomocí FH000, Cd/Pb free  
Zs(5s) = 715 mOhm, Zpe(5s) = 155 mOhm, Ia = 323 A

I = 62.1/62.1/62.1A, tv<5s

HDV1 CY 1x35+25 Iz = 110 A tm = 99 °C dU = 0.115 % I²t < k²S²  
D.K. Zsv < Zs(5s) ( 105 mOhm < 715 mOhm )

**Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále**

Referenční způsob uložení  
 E-F - Ve vzduchu Iz (E,F) = 137  
 D - V zemi Iz (D) = 0 (nepřípustné uložení)  
 C - Na stěně Iz (C) = 0 (nepřípustné uložení)  
 B - V trubce na stěně Iz (B) = 110 x k x 1 = 110 A  
 A - V izolační stěně Iz (A) = 89

Stanovit koeficient k = 1.000

1x CY 1x35+25; Iz = 137/0 A

Délka : 8 m

Značení : HDV1

S<sub>L</sub> : 35 mm<sup>2</sup> S<sub>PEN</sub> : 25 mm<sup>2</sup>  
 R<sub>L</sub> : 0.537 Ohm/km R<sub>PEN</sub> : 0.752 Ohm/km  
 X<sub>L</sub> : 0 Ohm/km X<sub>PEN</sub> : 0 Ohm/km  
 tau : 260 s t<sub>n</sub> : 70 °C  
 R<sub>0</sub>/R<sub>1</sub> : 1.5 t<sub>max1</sub> : 120 °C  
 X<sub>0</sub>/X<sub>1</sub> : 10 t<sub>max2</sub> : 160 °C

3f: dU = 462 mV = 0.115 %, dP = 49.6 W

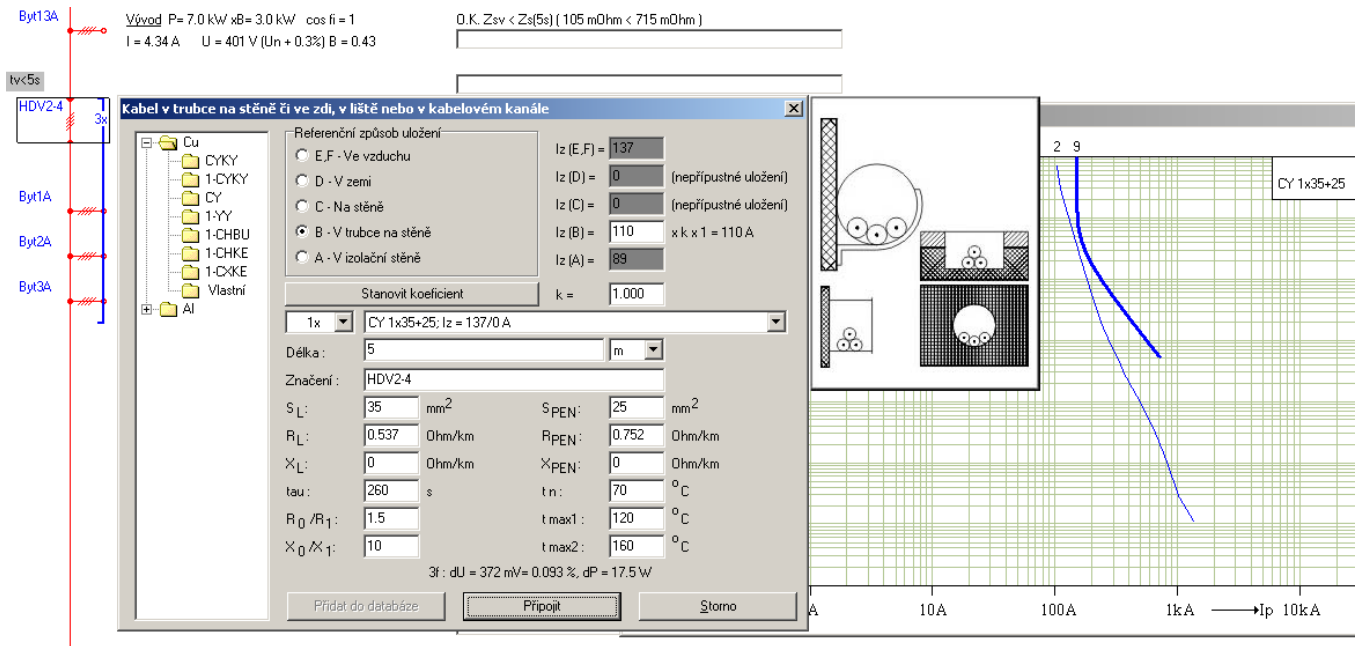
Přidat do databáze Připojit Storno

obr. 90

Ve společném rastru vidíme vypínací charakteristiku pojistkových vložek PN000 80 A gG (slabší křivka označená nahoře 2) a v pravo nad ní přetěžovací charakteristiku hlavního domovního vedení realizovaného vodiči 3 x CY 35 + 1 x CY 25. Ze vzájemné polohy



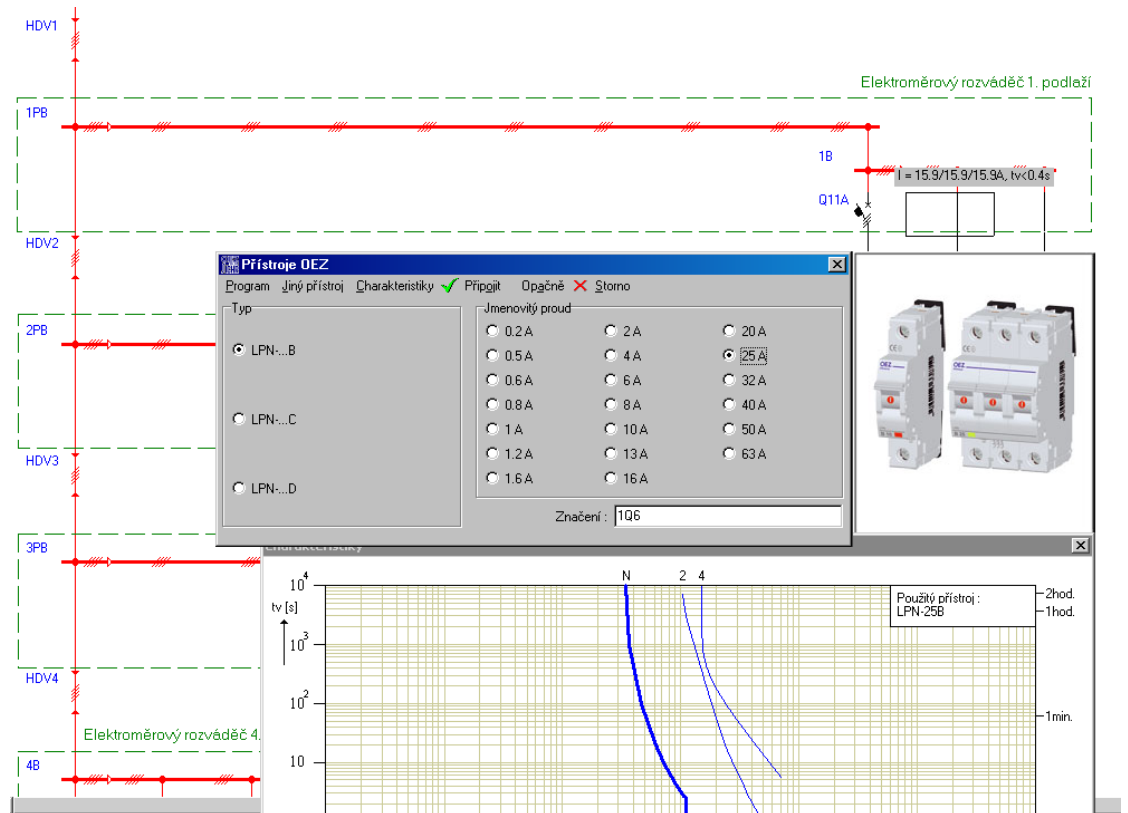
charakteristik vyplývá, že vedení je dostatečně chráněno proti nedovoleným přetížením. Vkládání vedení při řešení pomocí vývodů s využitím opakování (vedení vkládáme do volné pozice zahrnuté do opakování):



obr. 91

Na konec vložíme v případě řešení pomocí sběrnic hlavní jističe k jednotlivým elektroměrovým rozváděčům.

Pro byty stupně elektrizace A doporučuje norma ČSN 33 2130 jmenovitý proud trojfázového jističe  $I_n = 16$  A, pro byty stupně elektrizace B  $I_n = 25$  A. Jističe můžeme vložit při zobrazení jednotlivých paprsků a nebo celkového schématu:



obr. 92

## 6.2.4. Přehled parametrů a výpočtů

### Řešení pomocí sběrnic

DR	Sít TN U <sub>2</sub> = 234/405 V I <sub>n</sub> = 160 A dU = 0.9 %	I <sub>k</sub> " = 7.01 kA i <sub>p</sub> = 11.8 kA	
1F2	PN000gG I <sub>n</sub> = 80 A	I <sub>cc</sub> = 120 kA i <sub>o</sub> = 5.27 kA	Připojeno pomocí FH000; Cd/Pb free Z <sub>s</sub> (5 s) = 650 mOhm (I <sub>a</sub> = 356 A)
HDV1	CY 1x35+25 I <sub>z</sub> = 110 A tm = 99 °C dU = 0.1 % I <sub>2t</sub> < k <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	(I <sub>k</sub> " = 6.55 kA) i <sub>o</sub> = 5.15 kA	8 m v trubce na stěně (B) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (105 mOhm < 650 mOhm) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 1
1PB	Sběrnice B = 1 U = 401 V (Un + 0.3 %)	(I <sub>k</sub> " = 6.55 kA) i <sub>o</sub> = 5.15 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (105 mOhm < 650 mOhm)
HDV2	CY 1x35+25 I <sub>z</sub> = 110 A tm = 99 °C dU = 0.1 % I <sub>2t</sub> < k <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	(I <sub>k</sub> " = 6.26 kA) i <sub>o</sub> = 5.08 kA	5 m v trubce na stěně (B) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (111 mOhm < 650 mOhm) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 1
2PB	Sběrnice B = 1 U = 401 V (Un + 0.2 %)	(I <sub>k</sub> " = 6.26 kA) i <sub>o</sub> = 5.08 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (111 mOhm < 650 mOhm)
HDV3	CY 1x35+25 I <sub>z</sub> = 110 A tm = 99 °C dU = 0.0 % I <sub>2t</sub> < k <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	(I <sub>k</sub> " = 5.98 kA) i <sub>o</sub> = 5.00 kA	5 m v trubce na stěně (B) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (117 mOhm < 650 mOhm) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 1
3PB	Sběrnice B = 1 U = 401 V (Un + 0.2 %)	(I <sub>k</sub> " = 5.98 kA) i <sub>o</sub> = 5.00 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (117 mOhm < 650 mOhm)
HDV4	CY 1x35+25 I <sub>z</sub> = 110 A tm = 99 °C dU = 0.0 % I <sub>2t</sub> < k <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	(I <sub>k</sub> " = 5.71 kA) i <sub>o</sub> = 4.92 kA	5 m v trubce na stěně (B), R <sub>20</sub> = 2.69 mOhm, X = 0 Ohm O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (124 mOhm < 650 mOhm) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 1
4B	Sběrnice B = 0.43 U = 401 V (Un + 0.2 %)	(I <sub>k</sub> " = 5.71 kA) i <sub>o</sub> = 4.92 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (5 s) (124 mOhm < 650 mOhm)
Q41A	LPN 16B I <sub>n</sub> = 16 A	i <sub>o</sub> = 4.92 kA I <sub>cm</sub> = 17 kA	I <sub>cn</sub> = 10 kA I <sub>i</sub> = 72 A Z <sub>s</sub> (0,4 s) = 2.88 Ohm (I <sub>a</sub> = 80 A) 1F2-Q41A zaručena plná selektivita
Byt41A	Vývod P = 7.0 kW xB = 7.0 kW cos φ <sub>i</sub> = 1 I = 10.1 A B = 1 U = 401 V (Un + 0.2 %)	(I <sub>k</sub> " = 5.71 kA) i <sub>o</sub> = 4.92 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4 s) (130 mOhm < 2.88 Ohm)
Q43B	LPN 25B I <sub>n</sub> = 25 A	i <sub>o</sub> = 4.92 kA I <sub>cm</sub> = 17 kA	I <sub>cn</sub> = 10 kA I <sub>i</sub> = 112.50 A Z <sub>s</sub> (0,4 s) = 1.87 Ohm (I <sub>a</sub> = 124 A) 1F2-Q43B zaručena plná selektivita

Byt42B	Vývod	$P=11\text{ kW}$ $x_B=11\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=5.71\text{ kA}$ ) $I=15.9\text{ A}$ $B=1$ $i_o=4.92\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (126 mOhm < 1.87 Ohm)
Q43A	LPN 16B $I_n=16\text{ A}$	$i_o=4.92\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=72\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=2.88\text{ Ohm}$ ( $I_a=80\text{ A}$ ) 1F2-Q43A zaručena plná selektivita
Byt43A	Vývod	$P=7.0\text{ kW}$ $x_B=7.0\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=5.71\text{ kA}$ ) $I=10.1\text{ A}$ $B=1$ $i_o=4.92\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (130 mOhm < 2.88 Ohm)
3B	Sběrnice	$B=0.43$ ( $I_k=5.98\text{ kA}$ ) $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ ) $i_o=5.00\text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(5\text{ s})$ (117 mOhm < 650 mOhm)
Q31A	LPN 16B $I_n=16\text{ A}$	$i_o=5.00\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=72\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=2.88\text{ Ohm}$ ( $I_a=80\text{ A}$ ) 1F2-Q31A zaručena plná selektivita
Byt31A	Vývod	$P=7.0\text{ kW}$ $x_B=7.0\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=5.98\text{ kA}$ ) $I=10.1\text{ A}$ $B=1$ $i_o=5.00\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (123 mOhm < 2.88 Ohm)
Q32B	LPN 25B $I_n=25\text{ A}$	$i_o=5.00\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=112.50\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=1.87\text{ Ohm}$ ( $I_a=124\text{ A}$ ) 1F2-Q32B zaručena plná selektivita
Byt32B	Vývod	$P=11\text{ kW}$ $x_B=11\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=5.98\text{ kA}$ ) $I=15.9\text{ A}$ $B=1$ $i_o=5.00\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (120 mOhm < 1.87 Ohm)
Q33A	LPN 16B $I_n=16\text{ A}$	$i_o=5.00\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=72\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=2.88\text{ Ohm}$ ( $I_a=80\text{ A}$ ) 1F2-Q33A zaručena plná selektivita
Byt33A	Vývod	$P=7.0\text{ kW}$ $x_B=7.0\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=5.98\text{ kA}$ ) $I=10.1\text{ A}$ $B=1$ $i_o=5.00\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (123 mOhm < 2.88 Ohm)
2B	Sběrnice	$B=0.43$ ( $I_k=6.26\text{ kA}$ ) $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ ) $i_o=5.08\text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(5\text{ s})$ (111 mOhm < 650 mOhm)
Q21A	LPN 16B $I_n=16\text{ A}$	$i_o=5.08\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=72\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=2.88\text{ Ohm}$ ( $I_a=80\text{ A}$ ) 1F2-Q21A zaručena plná selektivita
Byt21A	Vývod	$P=7.0\text{ kW}$ $x_B=7.0\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=6.26\text{ kA}$ ) $I=10.1\text{ A}$ $B=1$ $i_o=5.08\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (117 mOhm < 2.88 Ohm)
Q22B	LPN 25B $I_n=25\text{ A}$	$i_o=5.08\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=112.50\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=1.87\text{ Ohm}$ ( $I_a=124\text{ A}$ ) 1F2-Q22B zaručena plná selektivita
Byt22B	Vývod	$P=11\text{ kW}$ $x_B=11\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=6.26\text{ kA}$ ) $I=15.9\text{ A}$ $B=1$ $i_o=5.08\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (114 mOhm < 1.87 Ohm)
Q23A	LPN 16B $I_n=16\text{ A}$	$i_o=5.08\text{ kA}$ $I_{cm}=17\text{ kA}$	$I_{cn}=10\text{ kA}$ $I_i=72\text{ A}$ $Z_s(0,4\text{ s})=2.88\text{ Ohm}$ ( $I_a=80\text{ A}$ ) 1F2-Q23A zaručena plná selektivita
Byt23A	Vývod	$P=7.0\text{ kW}$ $x_B=7.0\text{ kW}$ $\cos\phi=1$ ( $I_k=6.26\text{ kA}$ ) $I=10.1\text{ A}$ $B=1$ $i_o=5.08\text{ kA}$ $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.2\%$ )	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4\text{ s})$ (117 mOhm < 2.88 Ohm)
1B	Sběrnice	$B=0.43$ ( $I_k=6.55\text{ kA}$ ) $U=401\text{ V}$ ( $U_n+0.3\%$ ) $i_o=5.15\text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(5\text{ s})$ (105 mOhm < 650 mOhm)
Q11A	LPN 16B		

		$I_n = 16 \text{ A}$	$i_o = 5.15 \text{ kA}$ $i_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $I_{rm} = 72 \text{ A}$ $Z_s(0,4 \text{ s}) = 2.88 \text{ Ohm}$ ( $I_a = 80 \text{ A}$ ) 1F2-Q11A zaručena plná selektivita
Byt11A	Vývod	$P = 7.0 \text{ kW}$ $x_B = 7.0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.55 \text{ kA}$ ) $I = 10.1 \text{ A}$ $B = 1$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.3 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4 \text{ s})$ ( $111 \text{ mOhm} < 2.88 \text{ Ohm}$ )
Q12B	LPN 25B $I_n = 25 \text{ A}$		$i_o = 5.15 \text{ kA}$ $i_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $I_i = 112.50 \text{ A}$ $Z_s(0,4 \text{ s}) = 1.87 \text{ Ohm}$ ( $I_a = 124 \text{ A}$ ) 1F2-Q12B zaručena plná selektivita
Byt12B	Vývod	$P = 11 \text{ kW}$ $x_B = 11 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.55 \text{ kA}$ ) $I = 15.9 \text{ A}$ $B = 1$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.3 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4 \text{ s})$ ( $108 \text{ mOhm} < 1.87 \text{ Ohm}$ )
Q13A	LPN 16B	$I_n = 16 \text{ A}$	$i_o = 5.15 \text{ kA}$ $i_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $I_i = 72 \text{ A}$ $Z_s(0,4 \text{ s}) = 2.88 \text{ Ohm}$ ( $I_a = 80 \text{ A}$ ) 1F2-Q13A zaručena plná selektivita
Byt13A	Vývod	$P = 7.0 \text{ kW}$ $x_B = 7.0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.55 \text{ kA}$ ) $I = 10.1 \text{ A}$ $B = 1$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.3 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4 \text{ s})$ ( $111 \text{ mOhm} < 2.88 \text{ Ohm}$ )

## Řešení pomocí vývodů

DR	Síť TN	$U_2 = 234/405 \text{ V}$ $I_n = 160 \text{ A}$ $dU = 0.9 \%$	$I_k'' = 7.01 \text{ kA}$ $i_p = 11.8 \text{ kA}$	
1F2	PN000gG	$I_n = 80 \text{ A}$	$I_{cc} = 120 \text{ kA}$ $i_o = 5.27 \text{ kA}$	Připojeno pomocí FH000 $Z_s(5 \text{ s}) = 650 \text{ mOhm}$ ( $I_a = 356 \text{ A}$ )
HDV1	CY 1x35+25	$I_z = 110 \text{ A}$ $t_m = 99 \text{ °C}$ $dU = 0.1 \%$ $I_{2t} < k_2 S_2$	$(I_k'' = 6.55 \text{ kA})$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$	8 m v trubce na stěně (B), $R_{20} = 4.30 \text{ mOhm}$ , $X = 0 \text{ Ohm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $105 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ ) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 1
Byt11A	Vývod	$P = 7.0 \text{ kW}$ $x_B = 3.0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.55 \text{ kA}$ ) $I = 4.34 \text{ A}$ $B = 0.43$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.3 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $105 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ )
Byt12A	Vývod	$P = 11 \text{ kW}$ $x_B = 4.7 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.55 \text{ kA}$ ) $I = 6.83 \text{ A}$ $B = 0.43$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.3 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $105 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ )
Byt13A	Vývod	$P = 7.0 \text{ kW}$ $x_B = 3.0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.55 \text{ kA}$ ) $I = 4.34 \text{ A}$ $B = 0.43$ $i_o = 5.15 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.3 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $105 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ )
HDV2-4	CY 1x35+25	$I_z = 110 \text{ A}$ $t_m = 99 \text{ °C}$ ( $I_k'' = 6.26 \text{ kA}$ ) $dU = 0.1 \%$ $I_{2t} < k_2 S_2$ $i_o = 5.08 \text{ kA}$ $dU = 0.0 \%$ ( $I_k'' = 5.98 \text{ kA}$ ) $i_o = 5.00 \text{ kA}$ ( $I_k'' = 5.71 \text{ kA}$ ) $i_o = 4.92 \text{ kA}$		5 m v trubce na stěně (B), $R_{20} = 2.69 \text{ mOhm}$ , $X = 0 \text{ Ohm}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $111 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $117 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $124 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ ) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení: Kabel v trubce na stěně či ve zdi, v liště nebo v kabelovém kanále Uspořádání seskupených obvodů: Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené Počet seskupených obvodů: 1
Byt1A	Vývod	$P = 7.0 \text{ kW}$ $x_B = 3.0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.26 \text{ kA}$ ) $I = 4.34 \text{ A}$ $B = 0.43$ $i_o = 5.08 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.2 \%$ ) ( $I_k'' = 5.98 \text{ kA}$ ) $i_o = 5.00 \text{ kA}$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $111 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $117 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $124 \text{ mOhm} < 650 \text{ mOhm}$ )

			( $I_k'' = 5.71 \text{ kA}$ ) $i_o = 4.92 \text{ kA}$	
Byt2A	Vývod	$P = 11 \text{ kW}$ $x_B = 4.7 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.26 \text{ kA}$ ) $I = 6.83 \text{ A}$ $B = 0.43$ $i_o = 5.08 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.2 \%$ ) ( $I_k'' = 5.98 \text{ kA}$ ) ( $I_k'' = 5.71 \text{ kA}$ ) $i_o = 4.92 \text{ kA}$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $111 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $117 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $124 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ )
Byt3A	Vývod	$P = 7.0 \text{ kW}$ $x_B = 3.0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 6.26 \text{ kA}$ ) $I = 4.34 \text{ A}$ $B = 0.43$ $i_o = 5.08 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.2 \%$ ) ( $I_k'' = 5.98 \text{ kA}$ ) $i_o = 5.00 \text{ kA}$ ( $I_k'' = 5.71 \text{ kA}$ ) $i_o = 4.92 \text{ kA}$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $111 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $117 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ ) O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $124 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ )
1.25	Vývod	$P = 0 \text{ W}$ $x_B = 0 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 1$ ( $I_k'' = 5.71 \text{ kA}$ ) $I = 0 \text{ A}$ $B = 1$ $i_o = 4.92 \text{ kA}$ $U = 401 \text{ V}$ ( $U_n + 0.2 \%$ )		O.K. $Z_{sv} < Z_s(5 \text{ s})$ ( $124 \text{ m}\Omega < 650 \text{ m}\Omega$ )

## **6.3. Jištění paralelních kabelů**

### **6.3.1. Zadání**

Navrhněte kabelové vedení od transformátoru ELIN 22/0,42 kV,  $S_n = 1\,600 \text{ kVA}$ ,  $I_n = 2\,199 \text{ A}$ , který je umístěn v samostatném objektu transformační stanice, k hlavnímu rozváděči ve výrobním objektu. Výpočtový (soudobý) proud přenášený vedením je  $I_b = 1\,900 \text{ A}$ . Celková délka kabelové trasy je 180 m. Kabely budou uloženy mezi objekty v zemi. V úseku dlouhém 10 m pod komunikací budou uloženy jednotlivě v chránicích trubkách v zemi. V objektech budou uloženy ve vzduchu na vodorovných perforovaných lávkách.

Je požadována selektivita mezi jisticími přístroji, které chrání transformátor, kabelové vedení a hlavní rozváděč a jisticími přístroji, které chrání jednotlivé vývody v hlavním rozváděči. To znamená, že v případě jakékoliv poruchy na kterémkoliv vývodu z hlavního rozváděče musí vypnout jistič na začátku příslušného vývodu a nesmí vypnout žádný jisticí přístroj jemu předřazený směrem k transformátoru. V této souvislosti víme, že v hlavním rozváděči budou vývody jištěny jističi Modeion, a to:

1x BL1000SE305 s nadproudovou spouští SE-BL-J800-DTV3

3x BH630NE305 s nadproudovou spouští SE-BH-400-DTV3

6x BD250NE305 s nadproudovou spouští SE-BD-160-DTV3

Časově závislé (tepelné) nadproudové spouště jističů budou nastaveny na maximální hodnoty, 800, 400 a 160 A. Zkratové nadproudové spouště budou nastaveny na: BL1000  $I_i = 6 \text{ kA}$  a BH630 a BD250  $I_i = 4 I_R$ .

### **6.3.2. Řešení**

Vlastní řešení zahájíme vložením zadaného transformátoru ELIN 22/0,42 kV;  $S_n = 1\,600 \text{ kVA}$ ;  $I_n = 2\,199 \text{ A}$ . Přednastavenou hodnotu zkratového výkonu na vysokonapěťové straně  $S_k = 500 \text{ MVA}$  můžeme ponechat (představuje velmi „tvrdou“ síť, vypočítané hodnoty zkratových proudů budou na horní hranici).

Z velikosti zadaného výpočtového proudu  $I_b$ , který vedení musí být schopno přenášet, jednoznačně vyplývá, že vedení musíme řešit pomocí paralelních kabelů. Možné způsoby jištění vedení tvořeného paralelními kabely, jejich výhody a nevýhody, jsou popsány výše.

#### **6.3.2.1. Jištění paralelních kabelů společným jisticím přístrojem**

Vzhledem k předpokladu rovnoměrného rozdělení proudů do jednotlivých paralelních kabelů a možnosti jednoduchého odpojení celého vedení v transformovně navrhujeme jištění

společným jisticím přístrojem na začátku vedení. Tím se nezbavujeme pozdější možnosti při návrhu vedení jistit jednotlivé kabely samostatnými jisticími přístroji. Vhodným jisticím přístrojem je v tomto případě jistič Arion WL 12 se jmenovitým proudem  $I_n = 2\,500\text{ A}$ . Jeho vložení do projektu a konkrétní nastavení jeho nadproudové spouště bude uvedeno dále. Kabelové vedení navrhujeme hliníkovými kabely AYKY-1 3x240+120 mm<sup>2</sup>. Klikneme na paprsek v místě, kam vedení chceme umístit. Z roletky vybereme "Kabel" – „Al“. V otevřeném okně pro výběr kabelu vybereme složku s příslušným typem kabelů, dále zvolený průřez kabelu, vypíšeme délku kabelu a odhadneme potřebný počet paralelních kabelů. Přitom musíme vzít v úvahu, že se kabely tepelně ovlivňují podle jejich vzájemné vzdálenosti a tím jejich dovolený zatěžovací proud klesá. Pokud způsob uložení kabelů není v celé trase stejný, musíme také uvažovat nejméně příznivý způsob uložení kabelů, tj uložení, při kterém je zatěžovací proud nejmenší. Předběžně volíme počet paralelních kabelů 8. Dále klikneme na tlačítko „Stanovit koeficient“ a tím se otevře okno pro možnost zadání konkrétního uložení. Vedení podle zadání je na své trase uloženo třemi způsoby – ve vzduchu na perforovaných lávkách, v zemi a v zemi jednotlivé kabely v chránících trubkách. Při uložení kabelů ve vzduchu, pokud uvažujeme teplotu okolí 30 °C, uspořádání seskupených obvodů v jedné vrstvě těsně, počet seskupených obvodů na lávce 4 a počet lávek 2, je celkový dovolený zatěžovací proud vedení  $I_z = 2\,032,8\text{ A}$ , viz obr. 93:

obr. 93

Při uložení přímo v zemi, pokud uvažujeme teplotu okolí 20 °C, měrný tepelný odpor půdy 1,0 K.m/W, uspořádání seskupených obvodů 6x přímo v zemi (větší počet seskupených obvodů při jejich vzdálenosti 0,25 m a větší nemá už prakticky vliv na snížení dovoleného zatěžovacího proudu) a vzdálenost kabelů 0,25 m, rovná se  $I_z = 1\,809,4$  A, viz obr. 94:

**Kabel v zemi**

Referenční způsob uložení

- E,F - Ve vzduchu
- D - V zemi
- C - Na stěně
- B - V trubce na stěně
- A - V izolační stěně

Teplota okolí [st. C]

- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

Měrný tepelný odpor [K.m/W]

- 0.4 = velmi vlhká černá zem
- 0.7 = vlhká půda
- 1.0 = mírně zvlhlá půda
- 2.0 = suchá půda, řídké deště
- 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště

Uspořádání seskupených obvodů

- 1 x přímo v zemi
- 2 x přímo v zemi
- 3 x přímo v zemi
- 4 x přímo v zemi
- 5 x přímo v zemi
- 6 x přímo v zemi
- 1 x v trubkách v zemi
- 2 x v trubkách v zemi
- 3 x v trubkách v zemi
- 4 x v trubkách v zemi
- 5 x v trubkách v zemi
- 6 x v trubkách v zemi

Vzdálenost [m]

- 0
- 1 x d
- 0.125
- 0.25
- 0.5
- 1

8 II 1-AYKY 3x240+120  
**k = 0.630,  $I_z = 1809.4$  A**

Výchozí Ok Storno

obr. 94

Při uložení v zemi v chránících trubkách, pokud uvažujeme ostatní parametry uložení stejné jako v předchozím případě, rovná se  $I_z = 1\,734,7$  A, viz obr. 95:

**Kabel v zemi**

Referenční způsob uložení

- E,F - Ve vzduchu
- D - V zemi
- C - Na stěně
- B - V trubce na stěně
- A - V izolační stěně

Teplota okolí [st. C]

- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

Měrný tepelný odpor [K.m/W]

- 0.4 = velmi vlhká černá zem
- 0.7 = vlhká půda
- 1.0 = mírně zvlhlá půda
- 2.0 = suchá půda, řídké deště
- 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště

Uspořádání seskupených obvodů

- 1 x přímo v zemi
- 2 x přímo v zemi
- 3 x přímo v zemi
- 4 x přímo v zemi
- 5 x přímo v zemi
- 6 x přímo v zemi
- 1 x v trubkách v zemi
- 2 x v trubkách v zemi
- 3 x v trubkách v zemi
- 4 x v trubkách v zemi
- 5 x v trubkách v zemi
- 6 x v trubkách v zemi

Vzdálenost [m]

- 0
- 1 x d
- 0.125
- 0.25
- 0.5
- 1

8 II 1-AYKY 3x240+120  
**k = 0.604,  $I_z = 1734.7$  A**

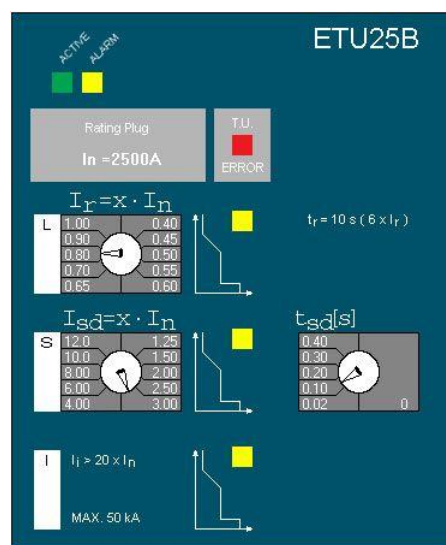
Výchozí Ok Storno

obr. 95

Nejmenší celkový dovolený zatěžovací proud vedení je při uložení v zemi v chránících trubkách. Vedení musíme tedy navrhovat podle tohoto způsobu uložení. Vzhledem k tomu, že výpočtový proud vedení je podle zadání  $I_b = 1\,900\text{ A}$ , je původně odhadnutý počet paralelních kabelů 8 malý. Volíme počet kabelů 10. Při tomto počtu paralelních kabelů a při uložení v zemi v chránících trubkách za stejných podmínek jako výše, rovná se dovolený zatěžovací proud vedení  $I_z = 2\,168,4\text{ A}$ . Z hlediska zadaného výpočtového proudu by stačilo 9 paralelních kabelů, jejich celkový dovolený zatěžovací proud by byl  $I_z = 1\,951,5\text{ A}$ . Měli bychom ale problém s jejich jištěním. Nesplnili bychom výše uvedenou podmínku  $I_b \leq I_{ns} \leq n I_z$  z důvodu omezených možností nastavení nadproudové spouště společného jisticího přístroje Arion WL. Pro další řešení tedy navrhujeme 10 paralelních kabelů AYKY-1 3x240+120 mm<sup>2</sup>. Po kliknutí na tlačítko „Připojit“ požaduje na nás program rozhodnutí, zdali budeme jednotlivé kabely jistit samostatnými pojistkami. Protože jsme se rozhodli jen pro společný jisticí přístroj, zvolíme „Ne“.

Pokud je vyžadováno selektivní působení jisticích přístrojů – běžný požadavek, tak jako v našem případě, je třeba s ním počítat při volbě jisticích přístrojů a nastavení jejich nadproudových spouští. Zvláště nastavení časového zpoždění zkratových spouští jističů, vynucené požadavkem selektivního působení, může mít vliv na zajištění ochrany vedení proti zkratu. Z tohoto důvodu vložíme do projektu jisticí přístroje na vývodech z hlavního rozváděče a zvolený společný jisticí přístroj na začátku vedení. Zobrazíme si celkové schéma, vložíme sběrnici a k ní připojíme celkem tři paprsky. Nyní můžeme postupně vložit představitele jednotlivých jističů (BL1000, BH630 a BD250) do příslušných vývodů (paprsků) a na panelech nadproudových spouští nastavit jejich parametry podle zadání. Dále se vrátíme do zobrazení paprsku, a to paprsku, v kterém máme vývodový jistič BL1000 (lze předpokládat největší problémy z hlediska selektivity s nadřazeným jističem) a zvolíme režim

„Selektivita“. Nyní již můžeme vložit společný jistič Arion WL 12  $I_n = 2\,500\text{ A}$ . Protože nadproudová spoušť DTV3 jističe BL1000 má časově zpožděnou okamžitou spoušť, musíme z důvodu dosažení selektivity u jističe Arion WL 12 použít nadproudovou spoušť, která také umožňuje nastavení časového zpoždění okamžité spouště. Použijeme nadproudovou spoušť ETU25B. Parametry spouště nastavíme následovně, viz obr. 96:  
 redukovaný proud:  $I_R = 0,8 \times I_n = 0,8 \times 2\,500 = 2\,000\text{ A}$   
 vypínací proud časově zpožděné okamžité spouště:  $I_{sd} = 3 \times I_n = 3 \times 2\,500 = 7\,500\text{ A}$   
 časové zpoždění okamžité spouště:  $t_{sd} = 0,1\text{ s}$   
 Výše uvedené nastavení parametrů  $I_{sd}$  a  $t_{sd}$  je z důvodu zajištění selektivity s jističem BL1000.



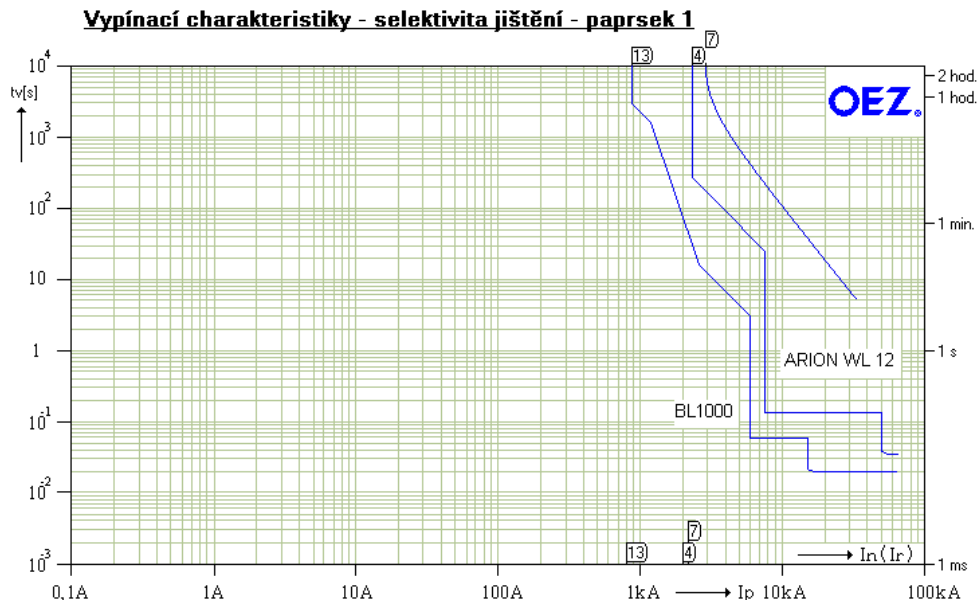
obr. 96

Po připojení jističe se můžeme přesvědčit přepnutím do jednotlivých paprsků, že při tomto nastavení spouště je nejen jistič BL1000, ale i jističe BH630 a BD250 „plně“ selektivní, tj. až do hodnoty zkratového proudu, s nadřazeným jističem Arion WL 12, viz obr. 97 a 98 (BL1000 a Arion WL 12).



Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	ELIN 22/0.42 In = 2199 A S <sub>r</sub> = 1600 kVA Ik'' = 34.8 kA U <sub>2</sub> = 242/420 V dU = 0.0 % uk = 6 % ip = 78.7 kA	
1Q4	Arion WL12.N.ETU25B In = 2500 A Ir = 2000 A I <sub>cu</sub> = 66 kA Ir = 0.80xIn, I <sub>sd</sub> = 3xIn, t <sub>sd</sub> = 100 ms ip = 78.7 kA	
1L7	10IIT-AYKY 3x240+120 I <sub>z</sub> = 2168.4 A t <sub>m</sub> = 79 °C Ik'' = 26.8 kA dU = 0.0 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> ip = 49.1 kA	Nutno splnit ustanovení ČSN 33 2000-4-473, čl. 473.2.4N1
1B12	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%) Ik'' = 26.8 kA ip = 49.1 kA	
1Q13	BL1000-DTV3 In = 800 A Ir = 800 A I <sub>cu</sub> = 65 kA Ir = 800 A, I <sub>rm</sub> = 6.00 kA, I <sub>mz</sub> = 15 kA 1Q4-1Q13 zaručena plná selektivita	

obr. 97



obr. 98

Ve schématu paprsku, obr. 97, je u vedení tvořeného paralelními kabely uvedena poznámka: **Nutno splnit ustanovení ČSN 33 2000-4-473, čl. 473.2.4N1**. Znění článku je uvedeno výše. Uvedená poznámka signalizuje, že v případě zkratu na jednom z kabelů nezajistí společný jisticí přístroj, aby nedošlo k nedovolenému tepelnému namáhání tohoto kabelu. Pokud

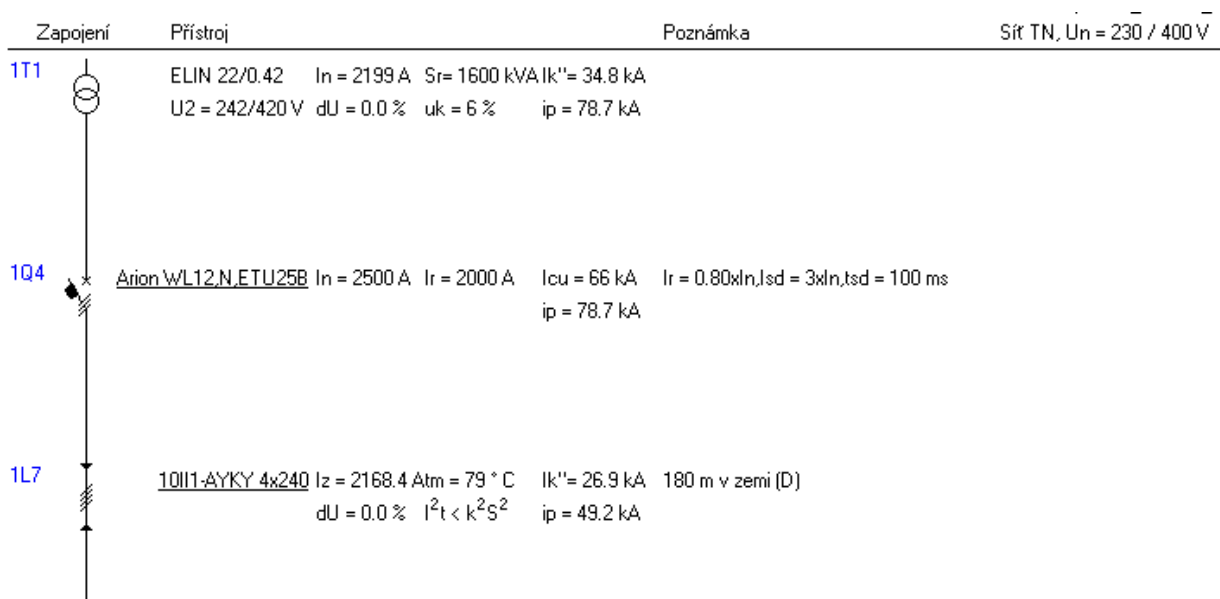
chceme řešení použít, musíme tedy splnit uvedené ustanovení.

Pokud by byla zobrazena červenou barvou nerovnost  $I^2t > k^2S^2$ , znamenalo by to, že společný jisticí přístroj nezajistí ochranu paralelního vedení proti zkratu z hlediska celkového průřezu fázových vodičů nebo vodičů PEN a dané řešení nelze v žádném případě použít. Stejně by tomu bylo, pokud bychom použili k ochraně proti zkratu jištění jednotlivých kabelů samostatnými jisticími přístroji a jisticí přístroj předřazený kabelu by tento kabel neujistil.

Pokud je vše v pořádku, je uvedena nerovnost ve tvaru  $I^2t < k^2S^2$  a bez poznámky.

V případě, že jisticí přístroj(e) nezajistí ochranu proti zkratu, máme dvě možnosti řešení. Buď zvětšíme průřezy vodičů anebo dosáhneme snížení  $I^2t$ . Při použití jističů můžeme dosáhnout snížení  $I^2t$  změnou nastavení parametrů nadproudové spouště jističe(ů). V případě pojistek zmenšením jmenovitého proudu, pokud to je z provozních důvodů možné.

V našem případě nemůžeme z důvodu požadavku selektivity změnit nastavení spouště ETU25B. Abychom nemuseli realizovat ustanovení článku, zkusíme zvětšit průřez vodičů PEN paralelních kabelů. Volíme kabely AYKY 3x240+240. Dáme tedy „Opravit“ a kabely změním (pozor – musíme znovu zadat jejich původně uvažované uložení). Po provedené změně kabelů již není poznámka zobrazena, viz obr. 99 Příčinou tedy bylo nesplnění nerovnosti  $I^2t < k^2S^2$ , tzn. byl větší  $I^2t$  propuštěný jističem Arion WL 12 v důsledku časového zpoždění  $t_{sd} = 0,1$  s okamžité spouště při jednofázovém zkratu než  $k^2S^2$  vodiče PEN jednoho kabelu AYKY 3x240+120.



obr. 99

Nyní můžeme ještě zkontrolovat, zda je zajištěna ochrana automatickým odpojením od zdroje. Přepneme program do režimu „Impedance“. Zvolíme maximální dobu odpojení 5 s.

Z uvedených údajů při zobrazení paprsku je patrné splnění požadované podmínky  $Z_{sv} < Z_s$ . Tím jsme dokončili vlastní návrh vedení. Abychom mohli v hlavním rozváděči vedení snadno odpojit, použijeme na jeho konci, tedy na vstupu hlavního rozváděče, odpínač. Jisticí je zbytečný a navíc, těžko bychom dosáhli selektivity se společným jističem na začátku vedení. Vhodným odpínačem pro tuto aplikaci je Arion WL 12.

### 6.3.2.2. Jištění jednotlivých paralelních kabelů samostatnými jisticími přístroji

V některých případech, jak bylo uvedeno výše, je vhodné jistit jednotlivé paralelní kabely

samostatnými jisticími přístroji proti nedovoleným přetížením nebo je nutné jistit tímto způsobem proti zkratu – a to v případech, kdy společný jistič neujistí paralelní vedení z hlediska celkového průřezu fázových vodičů nebo vodičů PEN nebo z hlediska průřezu vodičů jednoho kabelu a nechceme realizovat ustanovení ČSN 33 2000-4-473, čl 473.2.4N1 nebo se jedná o hořlavé nebo výbušné prostředí.

Dále si ukážeme řešení jistění jednotlivých paralelních kabelů samostatnými jisticími přístroji pomocí programu Sichr. Vyjdeme z předešlého příkladu. Ponecháme společný jistič na začátku vedení a společný odpínač na konci z důvodu snadného odpojení vedení. Pokud se rozhodneme pro dokonalejší ochranu jednotlivých kabelů proti nedovoleným přetížením samostatnými jisticími přístroji, máme možnost je vložit na začátek vedení nebo na konec. Zvolme variantu jistění na začátku jednotlivých kabelů pojistkami. Pokud jsme se rozhodli pro tuto variantu dodatečně a máme již vloženy paralelní kabely do projektu, vložíme pojistky k jednotlivým kabelům tím způsobem, že klikneme na vedení a zvolíme „Opravit“. Otevře se nám okno pro zadávání vedení. Pokud nechceme současně provést nějakou změnu v navrhovaném vedení, zvolíme „Připojit“. Následně se nás program zeptá, zdali budeme jistit jednotlivé kabely samostatnými pojistkami. Zvolíme „Ano“. Dále se nás program opět zeptá, zdali budeme kabely jistit samostatnými pojistkami na začátku kabelu. Zvolíme „Ano“. (Pokud bychom se rozhodli pro variantu jistění proti přetížení na konci kabelů, zvolili bychom „Ne“ a program by se nás následně zeptal, zdali budeme kabely jistit samostatnými pojistkami na konci kabelu.)

Z nabídky pojistek zvolíme např. pojistky velikosti PN2 s charakteristikou gG. Jmenovitý proud pojistek na začátcích jednotlivých kabelů volíme  $I_n = 200$  A, vzhledem k dovolenému zatěžovacímu proudu jednoho kabelu  $I_z = 216,8$  A (2 168,4/10) a celkovému přenášenému výpočtovému proudu  $I_b = 1 900$  A. Abychom ušetřili místo v rozváděči, volíme pojistky v lištových pojistkových odpínačích. Po volbě „Připojit“ vidíme při zobrazení paprsku projektu známou poznámku, viz obr. 100: **Nutno splnit ustanovení ČSN 33 2000-4-473, čl 473.2.4N1**. Příčinou jsou tepelné účinky zpětného proudu na zkratovaný kabel.

Zapojení	Přístroj	Poznámka	Sít TN, $U_n = 230 / 400$ V
1T1	ELIN 22/0.42 $I_n = 2199$ A $S_r = 1600$ kVA $I_k'' = 34.8$ kA $U_2 = 242/420$ V $dU = 0.0$ % $uk = 6$ % $ip = 78.7$ kA		
1Q3	Arion WL12.N.ETU25B $I_n = 2500$ A $I_r = 2000$ A $I_{cu} = 66$ kA $I_r = 0.80 \times I_n$ , $I_{sd} = 3 \times I_n$ , $t_{sd} = 100$ ms $ip = 78.7$ kA		
1F5	10IIPN2gG $I_n = 200$ A ( $\times 10 = 2.00$ kA) $I_{cc} = 120$ kA $ip = 78.7$ kA	Připojeno pomocí FD2; Cd/Pb free	
1L6	10I11-AYKY 4x240 $I_z = 2168.4$ A $Atm = 111$ °C $I_k'' = 26.9$ kA $dU = 0.0$ % $I^2 t < k^2 S^2$ $ip = 49.2$ kA	<b>Nutno splnit ustanovení ČSN 33 2000-4-473, čl. 473.2.4N1</b>	

obr. 100

Protože máme použity kabely s průřezem PEN vodiče  $240 \text{ mm}^2$ , nemáme v tomto případě jinou možnost, než použít jistění jednotlivých kabelů samostatnými pojistkami také na konci. Jejich volbu provedeme opětovným kliknutím na kabel a volbou „Opravit“. Po volbě „Připojit“ se nás program v tomto případě už přímo zeptá, zda-li budeme jistit samostatnými pojistkami na konci kabelu. Pojistky na konci nemají v tomto případě jinou funkci než ochranu vedení proti zpětným proudům. Jejich jmenovitý proud tedy může být větší než dovolený zatěžovací proud kabelu. Vzhledem k selektivitě volíme pojistky PN2 gG  $I_n = 315$  A spolu s lištovými pojistkovými

odpojovači.

Při použití jištění jednotlivých kabelů samostatnými pojistkami i na konci kabelů můžeme použít kabely s průřezem vodiče PEN 120 mm<sup>2</sup>, tedy kabely AYKY 3x240+120, protože I<sup>2</sup>t propuštěný pojistkou na konci zkratovaného kabelu, vyvolaný zpětným proudem, je výrazně menší než propuštěný pojistkami na začátku kabelů, viz obr. 101:

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	ELIN 22/0.42 In = 2199 A Sr= 1600 kVA Ik''= 34.8 kA U2 = 242/420 V dU = 0.0 % uk = 6 % ip = 78.7 kA	
1Q3	Arion WL12,N,ETU25B In = 2500 A Ir = 2000 A Icu = 66 kA Ir = 0.80xIn,Isd = 3xIn,tsd = 100 ms ip = 78.7 kA	
1F5	10IIPN2qG In = 200 A (x10=2.00 kA) Icc = 120 kA ip = 78.7 kA	Připojeno pomocí FD2; Cd/Pb free
1L6	10I11-AYKY 3x240+120 Iz = 2168.4 A tm = 111 °C dU = 0.0 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> ip = 49.1 kA	180 m v zemi (D)
1F7	10IIPN2qG In = 315 A (x10=3.15 kA) Icc = 120 kA ip = 49.1 kA	Připojeno pomocí FD2; Cd/Pb free
1S9	Arion 0WL12,N In = 2500 A	
1B10	Sběrnice B = 1 U = 420 V (Un + 5.0%) Ik'' = 26.8 kA ip = 49.1 kA	
1Q11	BL1000-DTV3 In = 800 A Ir = 800 A Icu = 65 kA Ir = 800 A, Im = 6.00 kA, Imz = 15 kA	1F7-1Q11 zaručena plná selektivita

obr. 101

Z údajů uvedených při zobrazení paprsku v režimu „Selektivita“, obr. 101, a dále při postupném odstraňování pojistek 1F7 a 1F5 (selektivita je vyhodnocována vždy mezi sousedními jisticími přístroji) je patrné, že i v tomto případě, při variantě jištění jednotlivých kabelů samostatnými pojistkami, je také splněn požadavek selektivity vývodových jisticů se všemi předřazenými jisticími přístroji. Selektivita jisticích přístrojů, které zajišťují ochranu proti nadproudům kabelového vedení a transformátoru, není tak důležitá. Pokud dojde k celkovému nedovolenému přetížení nebo zkratu na sběrnících hlavního rozváděče nebo zkratu na kabelovém vedení, není z funkčního hlediska rozhodující, který jisticí přístroj vypíná, protože jsou v tomto případě stejně vždy bez napájení všechny spotřebiče ve všech vývodech. Pokud je použit společný jisticí přístroj na začátku vedení, je při jištění jednotlivých kabelů samostatnými jisticími přístroji ale vhodné, aby byla v co největším proudovém rozmezí tzv. „obrácená selektivita“ mezi společným jisticím přístrojem a pojistkami jisticími jednotlivé kabely. Při běžném požadavku selektivity se vyžaduje, aby vypínal jisticí přístroj nejbližší nadřazený místu poruchy směrem ke zdroji a jemu předřazený aby nevypínal. V případě „obrácené selektivity“ vyžadujeme naopak, aby vypínal vzdálenější jisticí přístroj, v našem případě jisticí Arion WL 12 a nevypínaly pojistky u jednotlivých kabelů. Důvodem je snadnější zapnutí jisticí proti náročnější a nákladnější výměně pojistek. Při tomto způsobu koordinace jisticích přístrojů jistí společný jisticí přístroj vedení z hlediska celkového přetížení a zkratu na konci vedení,

jednotlivé pojistky jistí jednotlivé kabely proti přetížení v důsledku nerovnoměrného rozdělení proudů případně zkratu nebo tepelným účinkům zpětných proudů.

## **6.4. Ekonomická optimalizace průřezu kabelů**

### **6.4.1. Zadání**

Navrhněte elektrické vedení pro připojení fotovoltaické (FV) elektrárny k distribuční síti 230/400 V AC včetně jeho nadproudové ochrany a zajištění ochrany při poruše automatickým odpojením od zdroje.

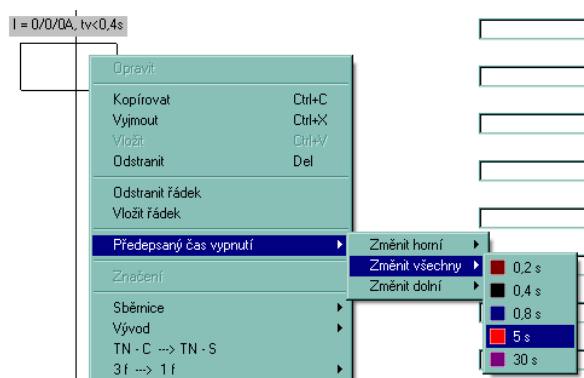
výkon FV elektrárny: 60 kW  
 délka vedení: 200 m  
 způsob uložení vedení: v zemi  
 místo připojení k distribuční síti:  
 distribuční rozváděč kioskové trafostanice  
 transformátor ELIN 22/0,4 kV,  $S_n = 630$  kVA  
 hlavní jistič transformátoru BL1000SE305  
 nadproudová spoušť SE-BL-J1000-DTVE,  $I_n = 1000$  A,  $I_r = 866$  A

### **6.4.2. Řešení**

Při návrhu vedení je třeba zvážit některé zvláštní okolnosti jeho využití. Je to zejména poměrně vysoká státem garantovaná výkupní cena elektřiny z fotovoltaických zdrojů a tím i velká cena ztrát na vedení. Když přihlídneme k dlouhé předpokládané době ekonomické životnosti a značnému vytížení vedení, bude jistě vhodné zabývat se hospodárností přenosu, tedy provést ekonomickou optimalizaci jeho průřezu.

Další zvláštností je, že na obou koncích tohoto vedení jsou připojené zdroje. Díky voltampérovým charakteristikám FV panelů a důmyslné regulaci měničů však není třeba podnikat žádné další kroky k ochraně vedení před nadproudy ze strany FV elektrárny. Rovněž ochranu při poruše automatickým odpojením vedení od měniče zajišťují elektronické obvody vlastního měniče, jističem by to pro nízké nadproudy ani nebylo možné. Energie tedy sice směřuje od měniče FV elektrárny do distribuční sítě, ale ochranu vedení před nadproudy (zkraty) a ochranu při poruše automatickým odpojením od zdroje musíme zajistit pouze ze strany distribuční sítě (viz ČSN 33 2000-7-712, čl.: 712.413.1.1.1.1 a 712.434.1).

K řešení tohoto připojení se výborně hodí výpočtový program Sichr, který je rozšířen o možnost ekonomické optimalizace průřezu silových kabelů. Po spuštění programu máme připraven prázdný projekt střídavé sítě TN-C 230/400 V s přednastavenou maximální dobou odpojení od zdroje 0,4 s. Protože se jedná o distribuční rozvod, přepneme tento čas na 5 s.



obr. 102

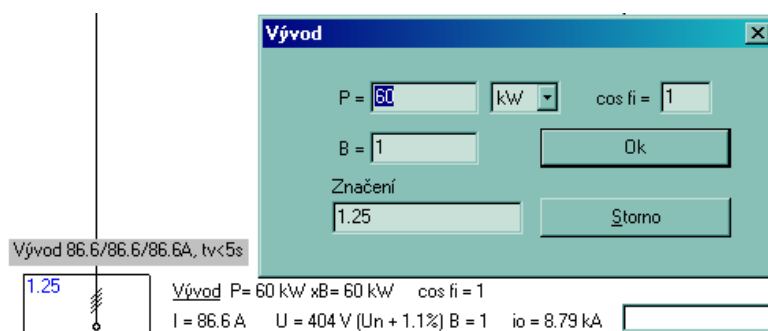
Kliknutím na první pozici schématu připojíme transformátor podle zadání. Hlavní jistič BL1000SE305 je energetickým podnikem osazen spouští DTVE nastavenou na  $I_R = 866$  A. Následuje sběrnice, na kterou jsou napojeny jednotlivé vývody, ale i náš přívod z FV elektrárny.

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	ELIN 22/0.42 In = 866 A Sr = 630 kVA Ik'' = 14.1 kA U2 = 242/420 V	
1Q3	BL1000-DTVE In = 1000 A Ir = 866 A Icu = 65 kA Irm = 10825 A Zs(5s) = 51 mOhm (Ia = 4.51 kA)	
1B5	<u>Sběrnice</u> B = 1 U = 419 V (Un + 4.6%)	Ik'' = 14.1 kA O.K. Zsv < Zs(5s) ( 17.2 mOhm < 51.2 mOhm )

FV elektrárna 60 kW  
Sít TN, Un = 230 / 400 V

obr. 103

Tímto máme zadáno místo připojení a můžeme se začít zabývat vlastním návrhem vedení. Měnič FV elektrárny vložíme trochu netradičně na konec paprsku, kam jsme zvyklí zadávat vývody. Tím se vlastně z měniče (zdroje) stane zátěž. Směr proudu v připojovacím vedení bude obrácený proti skutečnosti. Na dimenzování připojovacího vedení to ale nemá vliv. Výhodou tohoto způsobu vložení měniče je, že můžeme současně řešit nejen dimenzování vedení, ale i jeho ochranu proti zkratu a ochranu automatickým odpojením od zdroje ze strany distribuční sítě. Činný výkon je 60 kW,  $\cos \varphi$  i činitel soudobosti  $\beta$  nastavíme na 1.



obr. 104

Výpočtovému proudu 86,6 A s rezervou vyhoví při samostatném uložení v zemi s měrným tepelným odporem půdy 1 K.m/W kabel 1-AYKY 3x50+25. Zatěžovací proud  $I_z$  v tomto případě činí 132 A. Pro jištění vedení volíme jistič BD250NE305. Důvodem je požadavek dosažení plné selektivity s hlavním jističem BL1000SE305 a možnost připojení kabelu do průřezu až 240 mm<sup>2</sup>. Nadproudovou spoušť SE-BD-0160-DTV3 nastavíme na  $I_R = 110$  A, restart = T(t) a  $I_i = 4 \times I_R$ . Vznikne tím více než 25 % rezerva vzhledem k požadovanému přenášenému výkonu. Provedením přehledu parametrů a výpočtů se snadno přesvědčíme, že jsme splnili všechny požadavky na dimenzování, jištění i na ochranu při poruše automatickým odpojením od zdroje.

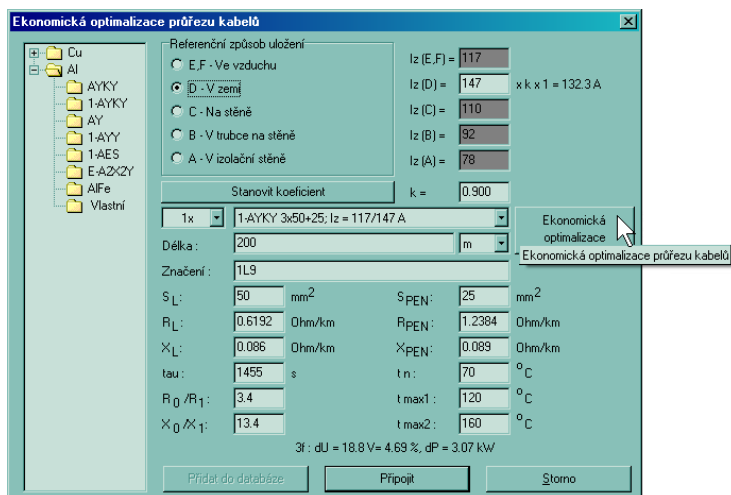
1T1	ELIN 22/0.42 U2 = 242/420 V In = 866 A dU = 3.3 %	Sr = 630 kVA uk = 6 %	Ik'' = 14.1 kA ip = 32.1 kA	Parametry vn sítě : Sk = 500 MVA, X/R = 10
1Q3	BL1000-DTVE In = 1000 A	Ir = 866 A	Icu = 65 kA ip = 32.1 kA	Irm = 10825 A Zs(5s) = 51 mΩhm (Ia = 4.51 kA)
1B5	Sběrnice I = 800 A, cos φi = 0.95 U = 407 V (Un + 1.7%)		Ik'' = 14.1 kA ip = 32.1 kA	O.K. Zsv < Zs(5s) ( 17.2 mΩhm < 51.2 mΩhm )
1Q7	BD250N-DTV3 In = 160 A	Ir = 110 A	Icu = 36 kA io = 15.6 kA	Ir = 110 A, restart = T(t), Irm = 4xlr, Imz = 2.50 kA Zs(5s) = 479 mΩhm (Ia = 482 A) 1Q3-1Q7 zaručena plná selektivita
1L9	1-AYKY 3x50+25 Iz = 132.3 A dU = 5.0 %	tm = 78 °C I2t < k2S2	Ik'' = 1.85 kA ip = 2.66 kA	200 m v zemi (D) O.K. Zsv < Zs(5s) ( 431 mΩhm < 479 mΩhm ) Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 1.0 = mírně zvlhlá půda Teplota okolí [st. C] : 20 Uspořádání seskupených obvodů : 1 x přímo v zemi
1.25	Vývod P = 60 kW xB = 60 kW I = 86.6 A U = 393 V (Un - 1.8%)	cos φi = 1 B = 1	Ik'' = 1.85 kA ip = 2.66 kA	O.K. Zsv < Zs(5s) ( 431 mΩhm < 479 mΩhm )
-----				
2.25	Vývod S = 0 VA U = 407 V (Un + 1.7%)		Ik'' = 14.1 kA ip = 32.1 kA	O.K. Zsv < Zs(5s) ( 17.2 mΩhm < 51.2 mΩhm )
-----				

obr. 105

Nyní bychom tedy mohli s pocitem dobře vykonané práce projekt odevzdat. Udělali jsme však pro dobro investora všechno, co je v našich silách?

Prozkoumáme ještě ekonomickou stránku projektu, konkrétně dimenzování průřezu našeho vedení. Výše uvedený postup totiž vede na jedné straně k nejmenšímu možnému průřezu vedení (s jistou rezervou), tedy k nejmenším pořizovacím nákladům, ale na straně druhé k jeho největšímu elektrickému odporu, tedy k největším možným ztrátám na vedení, potažmo k nejvyšším provozním nákladům. Na panelu volby kabelu se stisknutím nového tlačítka „Ekonomická optimalizace“ pokusíme najít optimální řešení vedoucí k minimálním celkovým nákladům.

K tomu je zapotřebí stanovit některé ekonomické parametry. Snadno zjistíme cenu použitého kabelu 1-AYKY 3x50+25: 81,50 Kč/m, cenu elektrické energie: 12,15 Kč/kWh (výkupní cena pro FV elektrárny s instalovaným



obr. 106

výkonem nad 30 kW uvedené do provozu v roce 2010, viz „Cenové rozhodnutí ERÚ č. 5/2009“ ze dne 23.11.2009). Za uvažovanou dobu ekonomické životnosti můžeme v tomto případě považovat dobu, po kterou stát garantuje uvedenou výkupní cenu, tedy 20 roků. Po tuto dobu uvažujeme roční nárůst ceny energie i zatížení roven 0. Diskontní sazba může během uvedeného, velmi dlouhého, období kolísat nejen v závislosti na prosperitě státu, ale i na ekonomické situaci samotného investora. Za reálnou hodnotu budeme považovat 5 %. Naproti tomu doba plných ztrát je sice pracně, ale přece jenom reálně spočítatelná. Analýzou dostupných dat z již pracujících FV elektráren lze zjistit, že tyto elektrárny v našich klimatických podmínkách vyprodukují na 1 kW instalovaného výkonu přibližně 1000 kWh elektrické energie za rok. Vzhledem ke kolísání slunečního svitu během jednotlivých dnů a měsíců v roce a vzhledem k tomu, že s rostoucím dodávaným proudem přenášený výkon roste lineárně, kdežto ztráty s druhou mocninou tohoto proudu, jsme dospěli k reálné době plných ztrát u FV elektráren 500 hodin/rok. Tyto hodnoty vepíšeme do příslušných políček a program v souladu s postupem popsáním v předcházející teoretické části stanoví optimální průřez vedení.

* Povinné údaje		
* Cena kabelu 1-AYKY 3x50+25	81.50	Kč / m
* Cena elektrické energie	12.15	Kč / kWh
* Ekonomická životnost vedení	20	roků
* Doba plných ztrát	500	hodin / rok
Diskontní sazba	5	%
Roční nárůst zatížení	0	% / rok
Roční nárůst ceny elektrické energie	0	% / rok
Plné ztráty	3.065	kW
Pořizovací náklady	16300	Kč
Provozní náklady	232044.8	Kč
Celkové náklady	248344.8	Kč
Zvolený průřez fázového vodiče	50	mm <sup>2</sup>
Optimální průřez fázového vodiče	189.6	mm <sup>2</sup>

Pro provedení optimalizace vyberte kabel s průřezem nejbližším optimálnímu průřezu.  
Postup opakujte.

obr. 107

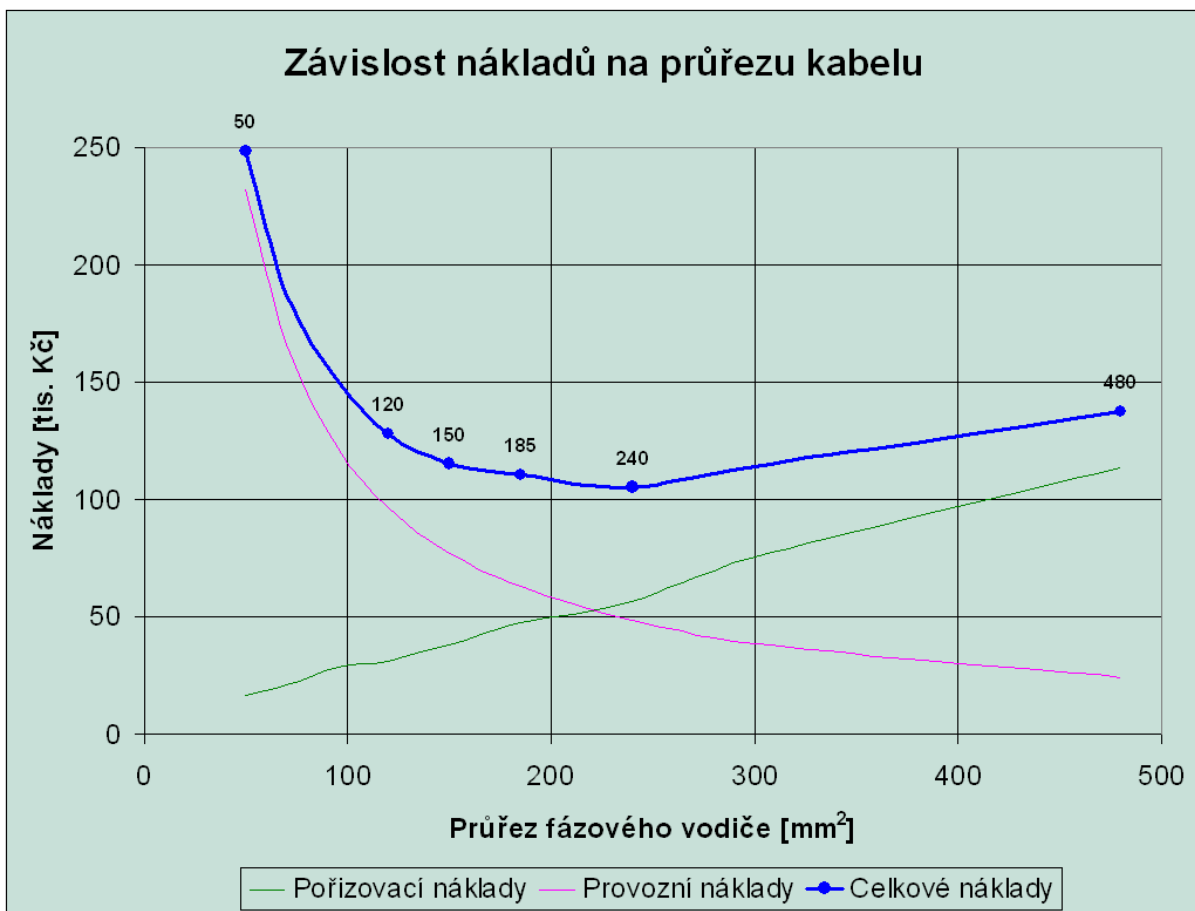
Tento výpočet, jak bylo uvedeno výše, ovšem vychází ze zjednodušené lineární závislosti ceny kabelu (případně vedení tvořeného paralelními kabely) na průřezu vodičů jedné fáze. Cena kabelů však zpravidla roste s průřezem pomaleji, záleží i na poměru průřezů fázového a ochranného vodiče, a k nelinearitě také dochází při změně druhu kabelu. Provedeme tedy změnu průřezu kabelu podle tohoto výpočtu a postup několikrát opakujeme pro několik různých variant. Ty si pomocí tlačítka „Přidat do porovnání“ vložíme do tabulky a na základě vypočtených celkových nákladů se potom rozhodneme pro tu nejvýhodnější. Vrátime se k ní jednoduše kliknutím vlevo dole na příslušné číslo v poli „Varianta“.



Variantha	1	2	3	4	5	6
Kabel	1-AYKY 3x50+25	1-AYKY 3x185+95	1-AYKY 3x240+120	1-AYKY 3x120+70	1-AYKY 3x150+70	2III-AYKY 3x240+120
Cena vedení [Kč / m]	81,5	239	283,5	155,3	189	567
Cena elektrické energie [Kč / kWh]	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15
Ekonomická životnost vedení [roků]	20	20	20	20	20	20
Doba plných ztrát [hodin / rok]	500	500	500	500	500	500
Plné ztráty [kW]	3,065	0,828	0,639	1,277	1,022	0,319
Diskontní sazba [%]	5	5	5	5	5	5
Roční nárůst zatížení [% / rok]	0	0	0	0	0	0
Roční nárůst ceny elektrické energie [% / rok]	0	0	0	0	0	0
Pořizovací náklady [Kč]	16 300	47 800	56 700	31 060	37 800	113 400
Provozní náklady [Kč]	232 044	62 686	48 377	96 679	77 373	24 150
Celkové náklady [Kč]	248 344	110 486	105 077	127 739	115 173	137 550

obr. 108

V našem případě při optimalizaci kabelu 1-AYKY 3x50+25 program určí optimální průřez 189,6 mm<sup>2</sup>. Pokračujeme tedy změnou průřezu na 1-AYKY 3x185+95 a program vyhodnotí jako optimální průřez 212,9 mm<sup>2</sup>. Rozdíl je způsoben zmiňovanou nelinearitou. Učiníme další pokus s kabelem 1-AYKY 3x240+120. Optimální průřez vychází 222,7 mm<sup>2</sup>. To znamená, že jsme již nad optimálním průřezem. Pro dokreslení jsou v tabulce uvedeny ještě další tři varianty. Průběh závislosti nákladů na průřezu kabelu je patrný z následujícího grafu.



obr. 109

Je vidět, že nejvíce celkových nákladů uspoříme při použití kabelu 1-AYKY 3x240+120, a to proti původnímu 1-AYKY 3x50+25 více než 143 tisíc Kč. Pořizovací náklady stoupnou o více než 40 tisíc Kč.

Tolik tedy řeč čísel. V praxi však do rozhodování vstupuje ještě mnoho dalších faktorů, jako je například značná míra nejistoty ekonomických úvah nebo tradiční neochota investora platit víc, než je nezbytně nutné. Pak je dobré zvážit pro a proti u jednotlivých variant. Z grafu je patrné, že celkové náklady velice strmě klesají v rozmezí průřezů 50 – 120 mm<sup>2</sup>, poté se již mění poměrně málo. I při snaze minimalizovat pořizovací náklady tedy rozhodně stojí za úvahu použít alespoň kabel 1-AYKY 3x120+70 s cenou jen o necelých 15 tisíc Kč vyšší, ale úsporou více než 120 tisíc Kč. O této mezní variantě můžeme uvažovat proto, že v případě FV elektrárny prakticky nepřipadá v úvahu zvyšování přenášeného proudu.

## **7. Technické poznámky**

### **7.1. Charakteristiky**

V programu jsou použity firemní podklady pro zobrazení vypínacích charakteristik čas/proud (jinak ampérsekundových). Přesto kvůli přehlednějšímu zobrazení jsou zde některá zjednodušení.

**U pojistek, jističů** Modeion a Arion (jističe s elektronickými nadproudovými spouštěmi) je použito "jednočárových" charakteristik tak, jak jsou běžně publikovány. Vychází se z toho, že u pojistek se publikují průběhy odpovídající nejpravděpodobnějšímu působení těchto přístrojů a u jističů s elektronickými spouštěmi z toho, že přesnost působení je taková, že prakticky není nutné uvažovat s tolerančním pásmem.

U pojistek typu aM se charakteristiky zobrazují dvěma částmi. Prvá část je jednoduchá lomená čára, která vyjadřuje takzvanou mez přetěžování, která musí být zabezpečena následným jisticím prvkem tak, aby k vypnutí při přetížení došlo dříve, než vyznačuje právě mez přetěžování. Druhá část je obvyklá vypínací charakteristika vyjádřená spojitou křivkou. Pro vypínací časy kratší než 10 ms (0,01 s) neplatí u pojistek stejné zobrazení jako u ampérsekundových charakteristik a je nutné pracovat s charakteristikami omezujícími a s charakteristikami I<sup>2</sup>t.

**U jističů** s klasickými (bimetalovými spouštěmi), které se běžně zobrazují jako pásmo, jsou za základ brány hodnoty v 75 % tohoto proudového pásma. Jedná se o hodnoty bez předchozího zatížení (ze studena). Z hodnot "v 75 % proudového pásma" nelze v žádném případě zpětně odvozovat hranice pásma, ze kterého byly hodnoty brány. Pokud takový údaj uživatele zajímá, odkazujeme ho na dostupnou katalogovou dokumentaci.

**U elektromagnetických spouští** jističů podle předmetové normy ČSN EN 60898 jsou hodnoty nastavení vyjádřeny také hodnotami v 75 % proudového pásma odpovídajícího typu jističe (vypínací charakteristice) B, C nebo D.

Pro stanovení maximální hodnoty impedance poruchové smyčky Z<sub>s</sub> se bere proud I<sub>a</sub> zajišťující samočinné působení odpojovacího ochranného prvku jako horní mez proudových pásem.

Je zjednodušen přechod charakteristiky z kolmice znázorňující nastavení meze proudového nastavení a doby působení při proudech vyšších, než je tato hodnota. Běžně je tento přechod tvořen víceméně povlnným "kolenem", zatímco zde je použito prakticky jednotné ostré koleno. Také je poněkud zjednodušen průběh vypínání nad hodnotou okamžitého působení. Např. u jističů LPN, ale také omezujících jističů Modeion, dochází s narůstajícím proudem k určitému zkracování vypínacího času, zatímco zde je vypínací čas znázorněn jako konstantní.

**Nastavení zemní spouště u jističů Arion** není v Sichru funkční a nevypisuje se. Pokud toto nastavení projektant přesto potřebuje zaznamenat, může tak učinit poznámkou do poznámkového pole u příslušného jističe.

## 7.2. Selektivita

Selektivita se zásadně vyšetřuje pro dva přístroje zapojené bezprostředně za sebou. Ve výpisech se objevují hlášení o **minimální, ověřené a plné** selektivitě nebo též o vzájemné **neselektivitě** přístrojů. Tyto hodnoty jsou určovány následovně:

**Minimální selektivita** je hodnota, která se odečítá z charakteristik, které běžně nekončí na 10 ms a tudíž se zde ani nekříží, ale u nichž nebyla dosud zkouškami *ověřena* selektivita při zkratech. Minimální selektivita je vyčíslena v bodě, ve kterém je vypínací čas předřazeného prvku 20 ms. Jedná se např. o působení pojistek mezi sebou.

Pokud se vyšetřované charakteristiky kříží tak, že je možné nalézt bod, ve kterém je rozdíl vypínacích časů 100 %, potom je mez minimální selektivity právě souřadnicí tohoto bodu. Vyskytuje se to například u jističe s předřazenou pojistkou. Pokud před bodem křížení charakteristik je rozdíl mezi vypínacími časy větší než 100 %, potom se za mez zaručené selektivity bere 85 % hodnoty proudu zobrazeného nastavení okamžité spouště předřazeného prvku. To se týká např. dvou jističů nebo jističe s přiřazenou pojistkou.

Selektivní působení proudových chráničů má dvě podmínky: I dn předřazeného chrániče musí být alespoň třikrát větší než chrániče přiřazeného a předřazený chránič musí být v provedení selektivním (typ S), zatímco přiřazený může být standardní (typ A nebo AC) nebo rázově odolný (typ G).

**Ověřená selektivita** vychází z praktických zkoušek, popřípadě ze srovnání charakteristik  $I^2t$  (u pojistek).

**Plná selektivita** označuje stav, kdy mez selektivity dvou jisticích přístrojů má vyšší hodnotu proudu, než je maximální trojfázový zkratový proud v místě instalace těchto přístrojů.

**Není selektivní** je vyhodnoceno pro případy, kdy mez selektivity spadá do oblasti vypínacích časů delších než 0,5 hodiny

## 7.3. Impedanční smyčky

Hodnoty impedančních smyček jsou počítány pro sítě TN a IT podle podmínek uvedených v normě ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Elektrická instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem.

Pro použití v energetice jsou počítány hodnoty impedančních smyček pro vypínací čas 30 s podle ustanovení normy PNE 33 0000-1.

### 7.3.1. Základní vztahy podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2

#### 7.3.1.1. Sítě TN

Podle odstavce 411.4.4 musí charakteristiky ochranných přístrojů (jisticí přístroje, proudové chrániče) a impedance poruchových smyček splňovat požadavek:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Kde je:

$Z_s$  impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, pracovní vodič k místu poruchy a ochranný vodič mezi místem poruchy a zdrojem

$I_a$  proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobující odpojení ve stanovené době. Jestliže se použije proudový chránič, je tímto proudem reziduální proud zajišťující odpojení ve stanovené době.

$U_0$  jmenovité střídavé napětí proti zemi

Impedance poruchové smyčky je tedy:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$$

V národní poznámce k odstavci 411.4.4 (POZNÁMKA N) je uvedeno, že je třeba počítat s platností výše uvedeného požadavku i za nejnepříznivějších předpokládaných podmínek. Dále je v poznámce uvedeno, že požadavek se považuje za splněný (pro vodiče s běžným druhem izolace z PVC, tj. s max. dovolenou provozní teplotou 70°), jestliže impedance poruchové smyčky počítaná při teplotě 20 °C není větší než:

$$1,5 \times Z_s \times I_a \leq U_0$$

Součinitel 1,5 přitom zahrnuje součinitel oteplení vedení 1,2 a tzv. bezpečnostní součinitel 1,25 zahrnující velmi malé hodnoty impedancí ve spojích apod. i napěťový součinitel zatížené sítě. Výpočtový program Sichr nepoužívá při výpočtu součinitele 1,5, ale zohledňuje vliv konkrétních předpokládaných podmínek:

zvýšení impedance smyčky způsobené ohřátím vedení, odpovídající jmenovitým proudům jisticích přístrojů, které chrání daná vedení proti přetížení  
zvýšení impedance smyčky způsobené ohřátím vedení v důsledku doby průchodu proudu  $I_a$  jsou uvažovány impedance jisticích přístrojů malých jmenovitých proudů, které nelze vzhledem k maximální možné hodnotě impedance  $Z_s$  zanedbat  
uvažuje se impedance celé poruchové smyčky, tj. včetně transformátoru a vysokonapěťové napájecí sítě  
hodnota proudu  $I_a$  pro stanovenou dobu odpojení odpovídá horní hranici proudového pásma daného tolerancí vypínací charakteristiky jisticího přístroje

Poznámky:

1. Vzhledem k tomu, že je při výpočtu uvažována celá poruchová impedanční smyčka, není uvažováno se snížením napětí proti zemi  $U_0$  vlivem úbytku napětí při zatížení. Toto snížení má opodstatnění při výpočtu impedance jen části poruchové smyčky .
2. Výpočtový program Sichr stanovuje výpočtovou hodnotu impedance poruchové smyčky  $Z_{sv}$  konkrétního navrhovaného elektrického rozvodu a tím i následné vyhodnocení vzhledem k  $Z_s$  bez rezervy.

### 7.3.1.2. Sítě IT

V síti IT musí být živé části izolovány od země nebo spojeny se zemí přes dostatečně vysokou impedanci.

Neživé části musí být uzemněny jednotlivě, po skupinách nebo společně. V případě jedné poruchy mezi živou a neživou částí nebo živou částí a zemí musí být splněna tato podmínka:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Kde je:

$R_A$  součet odporu zemniče a ochranného vodiče k neživým částem;  
 $I_d$  poruchový proud při první poruše o zanedbatelné impedanci mezi fázovým vodičem a neživou částí. Hodnota  $I_d$  bere v úvahu unikající (svodové) proudy a celkovou impedanci uzemnění elektrické instalace.

Stavy po první poruše se program nezabývá.

Nastane-li po první poruše porucha druhá, musí být pro odpojení zdroje v případě druhé poruchy splněny dále uvedené podmínky:

a) Jestliže jsou neživé části propojeny ochranným vodičem a společně uzemněny ke stejné uzemňovací soustavě, platí podobné podmínky jako pro síť TN. Jestliže nulový vodič není vyveden, musí být splněna podmínka:

$$Z_s \leq \frac{U}{2I_a}$$

Kde je:

- U** jmenovité střídavé napětí (efektivní hodnota) mezi fázemi;
- Z<sub>s</sub>** impedance poruchové smyčky
- I<sub>a</sub>** proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobující odpojení ve stanovené době.

Poznámka:

Při stanovení výpočtové impedance  $Z_{sv}$  zohledňuje program Sichr vliv stejných konkrétních předpokládaných podmínek jako v případě sítě TN. Platí také poznámky 1 a 2 uvedené u tohoto druhu sítě.

b) Jestliže jsou neživé části uzemněny po skupinách nebo jednotlivě, musí platit podmínka:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

Kde je:

- R<sub>A</sub>** součet odporu zemniče a ochranného vodiče k neživým částem;
- I<sub>a</sub>** proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobující odpojení ve stanovené době.

### 7.3.2. Základní vztahy podle PNE 33 0000-1

#### 7.3.2.1. Síť TN

Charakteristiky nadproudových jsticích prvků a impedance obvodů musí být takové, aby došlo v případě poruchy o zanedbatelné impedanci, která může vzniknout kdekoliv v distribuční síti TN mezi fázovým vodičem a vodičem PEN nebo vodičem PE nebo neživou částí, k samočinnému **odpojení od zdroje** v předepsaném čase do **30 s**.

Přitom musí být splněna podmínka:

$$Z_s \times I_a \leq c \times U_0$$

Kde je:

- Z<sub>s</sub>** impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, fázový vodič k místu poruchy a vodiče PEN nebo vodiče PE mezi místem poruchy a zdrojem
- I<sub>a</sub>** proud zajišťující samočinné působení nadproudového jsticího prvku v předepsaném čase do 30 s

$U_0$  jmenovité napětí distribuční sítě TN proti zemi  
 $c$  koeficient pro síť 230/400 V:  $c=0,95$

## 7.4. Transformátor

Charakteristiky vn pojistek se přepočítávají na sekundár převodem transformátoru  $p$ :

$$I_s = p \times I_p$$

Kde je:

$I_s$  proud přepočtený na sekundár  
 $I_p$  proud na primáru  
 $p$  převod transformátoru

Parametry vn sítě se přepočítávají rovněž pomocí převodu transformátoru  $p$ :

$$R_s = \frac{R_p}{p^2}$$
$$X_s = \frac{X_p}{p^2}$$

Kde je:

$R_s, X_s$  odpor a induktance přepočtené na sekundár  
 $R_p, X_p$  odpor a induktance na primáru  
 $p$  převod transformátoru

Impedance transformátoru a její složky se stanovují výpočtem:

$$Z = \frac{u_k}{100} \times \frac{U_2^2}{1000 \times S_r}$$

$$R = \frac{P_k}{3 \times I_2^2}$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

Kde je:

$u_k$  napětí nakrátko transformátoru  
 $U_2$  sekundární napětí transformátoru [V]  
 $P_k$  ztráty transformátoru nakrátko [W]  
 $S_r$  jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru [kVA]

## 7.5. Zkratové proudy

Vypočítávají se pro trojfázovou síť na konci každého vedení (ale i u zdroje a na vývodu). Při výpočtu se uvažuje elektricky vzdálený zkrat. Vychází se z ČSN EN 60909-0:

Trojfázový zkratový proud (maximální):

$$I_k'' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{R^2 + X^2}}$$

pozn.: koeficient  $c=1$

Nárazový zkratový proud:

$$i_p = (1,02 + 0,98 \times e^{-3R/X}) \times \sqrt{2} \times I_k''$$

Kde je:

$U$  napětí sítě (sdružené)

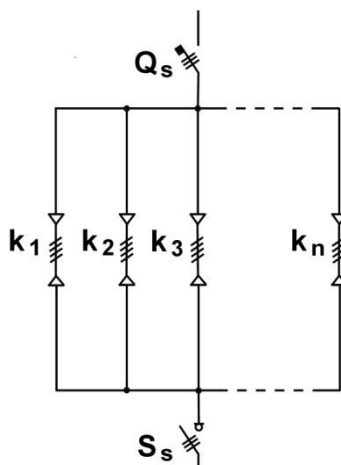
Jednofázový zkratový proud se počítá pomocí souměrných složek, viz výše uvedená norma. Pro výpočet zkratových proudů se uvažuje odpor  $R$  při 20 °C.

## 7.6. Jištění paralelních kabelů

Použití elektrických vedení tvořených paralelními kabely vyplývá z požadavku přenosu velkých soudobých proudů – řádově stovky až tisíce ampér, případně posílení stávajících jednoduchých vedení.

Jištění (ochrana proti nedovoleným nadproudům) vedení tvořených paralelními kabely se řídí stejnými základními požadavky jako jištění jednoduchých vedení. Tyto požadavky vyplývají předně z norem: ČSN 33 2000-4-43 ed.2 (XII.2010) Ochrana před nadproudy, ČSN 33 2000-4-473 Opatření k ochraně proti nadproudům, ČSN 33 2000-5-53 Spínací a řídicí přístroje a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 (II. 2012) Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení.

Obecně lze tedy uvést, že jmenovitý proud jisticího přístroje musí být menší nebo maximálně roven celkovému dovolenému zatěžovacímu proudu paralelního vedení – v případě jištění všech kabelů společným jisticím přístrojem, obr. 110, nebo dovolenému proudu jednoho daného kabelu – v případě jištění jednotlivých kabelů samostatnými jisticími přístroji, obr. 111. Dále musí jisticí přístroj(e), v případě vzniku nedovoleného přetížení nebo zkratu, odpojit paralelní vedení nebo jeho ohroženou část dříve, než by došlo k překročení maximální dovolené teploty některého z kabelů.



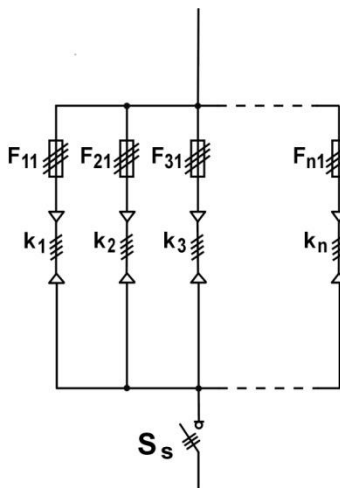
Kde:

$Q_s$  ..... společný jisticí přístroj

$S_s$  ..... společný odpínač

$k_1, \dots, k_n$ .. paralelní kabely

obr. 110



Kde:

$F_{11}, \dots, F_{n1}, \dots$  jisticí přístroje na začátcích kabelů

obr. 111

Vzhledem k možným poruchovým stavům, které se mohou vyskytnout při provozu paralelního vedení, a výchozím podmínkám (jednotlivé kabely paralelního vedení jsou či nejsou stejných parametrů, tj. průřezu, délky, materiálu, konstrukce atd.) je jeho návrh podstatně komplikovanější, než je tomu u vedení jednoduchého. Výše uvedené normy jsou v této oblasti dosti stručné, neposkytují pro jištění paralelních vedení konkrétní podrobnější požadavky, zvláště pokud jde o jištění proti zkratu (například v normě ČSN 33 2000-4-43 ed. 2, čl. 434.4).

Z obecného hlediska může být paralelní vedení tedy tvořeno i kabely nestejných parametrů – není to v rozporu s platnými normami. Řešení je ale značně komplikované. Požadavek na kabely nestejných parametrů může vzniknout předně v případě potřeby posílení stávajícího, obvykle jednoduchého, vedení. I v případě, že se kabely liší jen svým průřezem, musíme si být vědomi, že výsledný dovolený zatěžovací proud takového vedení není dán součtem dovolených zatěžovacích proudů jednotlivých kabelů, které tvoří paralelní vedení. Příčinou je klesající proudová hustota ve vodiči, odpovídající jeho dovolenému zatěžovacímu proudu, s růstem jeho průřezu (vliv skin efektu, relativně horší ochlazování) a rozdělení celkového přenášeného proudu do jednotlivých paralelních kabelů v závislosti na jejich impedancích. Z hlediska ochrany proti nedovolenému přetížení bychom měli také respektovat rozdílnou časovou oteplovací konstantu kabelů rozdílných průřezů v případě jištění společným jisticím přístrojem. Zvýšenou pozornost musíme také věnovat ochraně proti zkratům v důsledku rozdělení proudů (přesněji  $I^2t$ ) v závislosti na impedancích.

V případě návrhu nového paralelního vedení není v podstatě důvod řešit vedení kabely, které nemají stejné parametry.

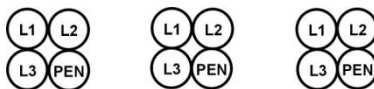
Dále se budeme věnovat problematice jištění paralelních vedení které jsou tvořeny stejnými kabely. Přitom budeme uvažovat rovnoměrné rozdělení proudů do jednotlivých kabelů. Tuto podmínku můžeme považovat za splněnou, pokud je paralelní vedení tvořeno vícežilovými kabely, přičemž jeden kabel představuje úplné dílčí trojfázové vedení (např. jedná-li se o síť TN-C musí obsahovat všechny tři fázové vodiče a PEN). Je to dáno tím, že součet okamžitých hodnot proudů ve vodičích kabelu je roven nule a tím je téměř rovno nule také jeho vnější magnetické pole. Vodiče různých kabelů, které tvoří paralelní vedení, se tak vzájemně téměř neovlivňují a jejich impedance jsou přibližně stejné. Rovnoměrné rozdělení proudů nemůžeme ale uvažovat, pokud bude paralelní vedení tvořeno jednožilovými nestíněnými kabely a tyto kabely budou uspořádány např. podle obr. 112 a nebudou prostřídány jejich vzájemné polohy tak, aby se vzájemné ovlivňování vyrušilo.





obr. 112

Pokud uspořádáme jednožilové kabely do svazků, které obsahují úplné dílčí trojfázové vedení, obr. 113, můžeme rovnoměrné rozdělení proudů předpokládat.



obr. 113

Když se zabýváme jištěním vodičů proti zkratu, a je jedno, jestli se to týká jednoduchých vedení nebo vedení tvořených paralelními kabely, prakticky vždy bereme v úvahu maximální zkratový proud. Kontrolujeme, zdali při tomto proudu daný jisticí přístroj uchrání příslušné vedení před nedovoleným tepelným namáháním, tj. nepřekročení maximální dovolené teploty při zkratu (pro kabely s PVC izolací je tato teplota 160°C), tedy je-li splněna nerovnost:

$$I^2t \leq k^2S^2$$

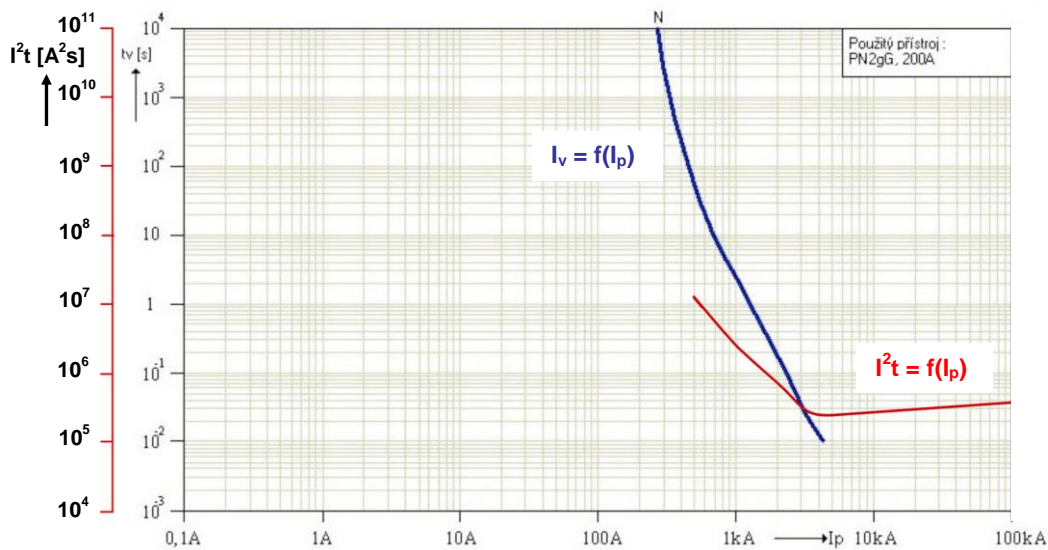
Kde:

$I^2t$  .....Jouleův integrál propuštěný jisticím přístrojem odpovídající předpokládanému zkratovému proudu, při kterém provádíme kontrolu

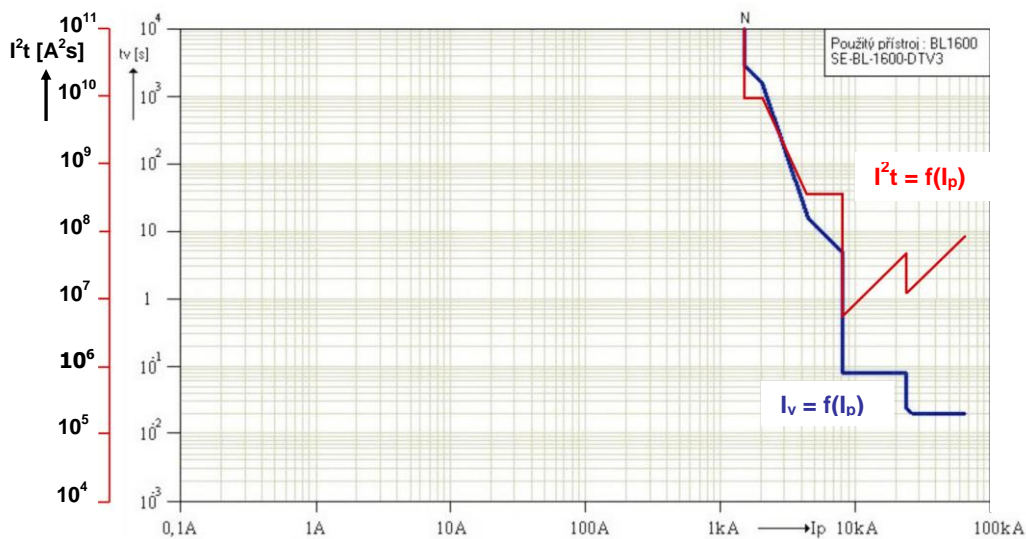
$k$  .....konstanta respektující vlastnosti materiálu jádra a izolace vodiče a jeho počáteční a maximální dovolenou teplotu při zkratu

$S$  .....průřez kontrolovaného vodiče vedení

Mnohdy ale zapomínáme provést nebo nedoceňujeme kontrolu z hlediska minimálního zkratového proudu, který se může za určitých podmínek vyskytnout. Vzhledem k vlastnostem zvoleného jisticího přístroje může právě minimální zkratový proud způsobit překročení maximální dovolené teploty vedení při zkratu, i když kontrola při maximálním zkratovém proudu je v pořádku. U omezujících jisticích přístrojů – pojistek, jističů se běžně udává  $I^2t$  v závislosti na předpokládaném vypínacím (zkratovém) proudu  $I_p$  jen pro oblast proudů, ve které tyto přístroje omezují. Horní hranici této oblasti tvoří proud odpovídající vypínací schopnosti jisticího přístroje, dolní hranici proud, při kterém začíná omezovat. Právě v oblasti menších proudů, kdy jisticím přístrojem po dobu než vypne prochází plný (neomezený) proud a vypínací čas narůstá podle jeho vypínací charakteristiky, dochází k velkému nárůstu propuštěného  $I^2t$ . Tak i při proudech odpovídajících relativně krátkým vypínacím časům dosahuje  $I^2t$  značně vyšších hodnot, než při proudu, který odpovídá jeho vypínací schopnosti. U jističů dochází obecně k velkému skokovému nárůstu  $I^2t$  při vypínacím proudu, při kterém přestává vypínat časově nezávislá (okamžitá nebo-li také zkratová) nadproudová spoušť a začíná vypínat časově závislá (tepelná) nadproudová spoušť. Situace je zřejmá z obr. 114 a 115 na kterých je jednak uvedena závislost  $I^2t$  na předpokládaném vypínacím proudu (červená křivka) zahrnující i oblast menších vypínacích proudů, ale také pro porovnání závislost vypínacího času daného jisticího přístroje na vypínacím proudu (modrá křivka).



obr. 114

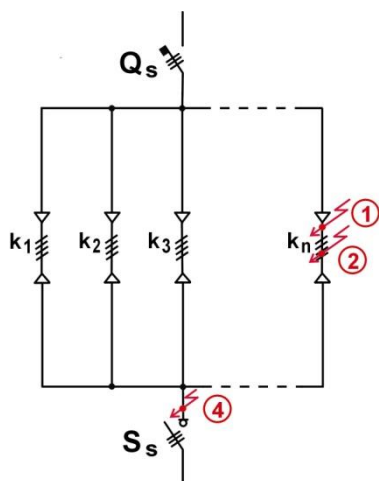


obr. 115

Dále si ukážeme základní možné varianty jištění vedení tvořeného paralelními kabely, které lze řešit programem Sichr. Uvedeme si některé výhody a nevýhody jednotlivých variant.

### 7.6.1. Jištění paralelních kabelů společným jisticím přístrojem

Schéma části elektrického rozvodu tvořeného paralelními kabely jištěnými společným jisticím přístrojem je na obr. 116:



obr. 116

Z hlediska trvalého zatížení paralelního vedení musí být splněna nerovnost:

$$I_b \leq I_{ns} \leq n I_z$$

Kde:

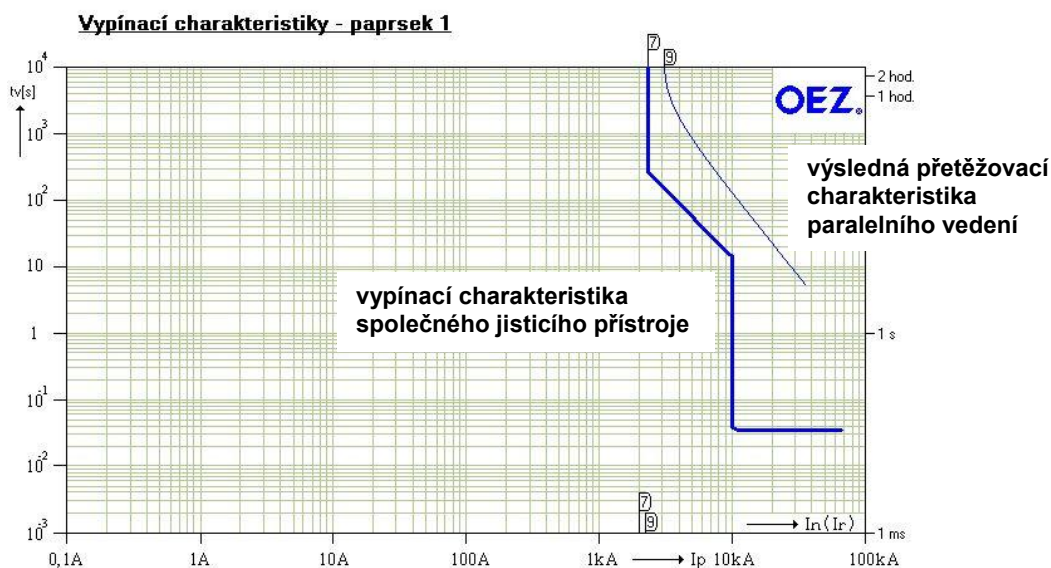
$I_b$  .....výpočtový (soudobý přenášený) proud paralelním vedením

$I_{ns}$  .....jmenovitý (redukovaný) proud společného jisticího přístroje

$n$  .....počet paralelních kabelů

$I_z$  .....dovolený zatěžovací proud jednoho kabelu při daném uložení včetně uvažování vlivu seskupení obvodů

Aby byla zajištěna ochrana před nedovoleným přetížením, musí vypínací charakteristika společného jisticího přístroje ležet vlevo dole od výsledné přetěžovací charakteristiky paralelního vedení při vyjádření obou charakteristik ve společných souřadnicích, viz obr. 117. Přetěžovací charakteristika vyjadřuje, jak dlouho může daným vedením procházet proud určité velikosti, než kabely vedení dosáhnou právě maximální dovolené teploty při přetížení. Tím je zaručeno, že při nedovoleném přetížení bude paralelní vedení odpojeno společným jisticím přístrojem od napájení dříve, než by byla překročena tato teplota.



obr. 117

Z hlediska ochrany proti zkratu musí společný jisticí přístroj zajistit ochranu před nedovoleným tepelným namáháním vodičům paralelního vedení při maximálních a minimálních zkratových proudech. Musí tedy být splněna výše uvedená nerovnost:  $I^2t \leq k^2S^2$

Přitom se uvažuje celkový průřez fázových vodičů nebo vodičů PEN a Jouleovy integrály  $I^2t$  odpovídající zkratovým proudům na konci paralelního vedení (ČSN 33 2000-4-473, čl. 473.2.4N1, bod c) – na obr. 116 místo zkratu 4.

Pokud v případě zkratu na jednom z kabelů nezajistí společný jisticí přístroj, aby nedošlo k nedovolenému tepelnému namáhání tohoto kabelu, musí být splněno ustanovení výše uvedeného článku 473.2.4N1, bodu a) a kabely se přitom nesmí nacházet v prostředí s nebezpečím výbuchu nebo požáru.

Znění článku 473.2.4N1, bodu a):

*Paralelní vodiče (kabely) jsou uloženy na nehořlavém podkladě a to tak, aby ani sousední, ani ostatní vodiče (kabely) nebyly ohrožovány. Proto se doporučuje oddělit vodiče (kabely) nehořlavou přepážkou, nebo opatřit vodiče (kabely) nehořlavým např. dexaflamovým nátěrem nebo nástřikem o tloušťce vrstvy alespoň 5 mm nebo vzdálenost mezi nimi zvětšit alespoň na 1,5 násobek průměru vodiče (kabelu) nejméně však 6 cm.*

V případě kontroly ochrany jednoho kabelu se uvažuje maximální zkratový proud, který vznikne při zkratu na jeho začátku a jemu odpovídající  $I^2t$  – na obr. 116 místo zkratu 1. Minimální zkratový proud a jemu odpovídající  $I^2t$  vznikne při jednofázovém zkratu jednoho kabelu v místě jeho trasy, kde zkratový obvod má největší hodnotu impedance – místo zkratu 2. Polohu tohoto místa a jí odpovídající hodnotu zkratové impedance program SICHR vypočítává.

Varianta jištění společným jisticím přístrojem je jednoduchá a relativně levná. Lze ji použít, pokud máme jistotu rovnoměrného rozdělení celkového přenášeného proudu do jednotlivých kabelů, anebo pokud je jmenovitý (redukováný) proud  $I_n$  ( $I_r$ ) společného jisticího přístroje volen o dostatečnou rezervu menší než celkový dovolený zatěžovací proud paralelního vedení. Pokud by z nějakého důvodu došlo v průběhu provozu k nerovnoměrnému rozdělení proudů s následkem přetěžování některých z kabelů, společný jisticí přístroj na to nereaguje a může tak dojít k havárii vedení.

Na konci paralelního vedení můžeme pro možnost jeho odpojení s výhodou použít odpínač namísto jističe. Takové řešení bude levnější a vyhneme se rovněž problémům se selektivitou jističů na začátku a konci paralelního vedení.

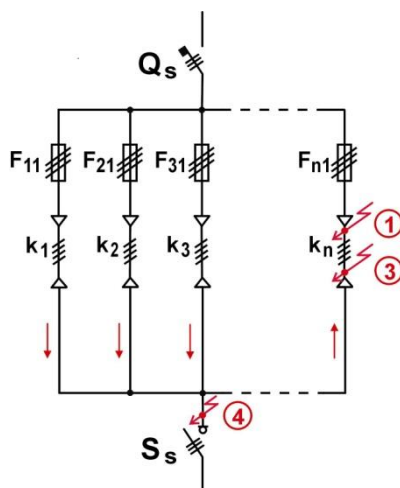
### **7.6.2. Jištění paralelních kabelů samostatnými přístroji na začátku**

K použití této varianty jištění paralelních kabelů nás mohou vést obvykle důvody:

- a) dosažení dokonalejší ochrany jednotlivých kabelů
- b) společný jisticí přístroj nezajistí vedení tvořeného paralelními kabely ochranu proti zkratu z hlediska celkového průřezu fázových vodičů nebo vodičů PEN, případně zajistí ochranu z hlediska celkových průřezů, ale nezajistí ochranu průřezu vodičů jednoho kabelu a nechceme realizovat ustanovení článku 473.2.4N1, bodu a) nebo se jedná o prostředí s nebezpečím požáru nebo výbuchu

Tato varianta může být také doplněna o předřazený společný jisticí přístroj a přiřazený např. odpínač pro možnost odpojení vedení.

Schéma části elektrického rozvodu tvořeného paralelním vedením, kdy jištění jednotlivých paralelních kabelů je provedeno samostatnými jisticími přístroji na jejich začátku, je na obr. 118:



obr. 118

Program Sichr nabízí jako jisticí přístroje pro jištění jednotlivých kabelů pojistky, protože jejich použití je v těchto případech nejčastější. Lze ale použít také jističe, a to volbou „Jiný přístroj“ v okně „Přístroje OEZ“.

Z hlediska trvalého zatížení paralelního vedení musí být splněna nerovnost:

$$I_b \leq n I_n \leq n I_z$$

Kde:

$I_b$  .....výpočtový (přenášený) proud paralelním vedením

$I_n$  .....jmenovitý (redukovaný) proud jisticího přístroje na začátku kabelu

$n$ .....počet paralelních kabelů a jisticích přístrojů na jejich začátcích

$I_z$  .....dovolený zatěžovací proud jednoho kabelu při daném uložení včetně uvažování vlivu seskupení kabelů

Z hlediska ochrany před nedovoleným přetížením musí výsledná vypínací charakteristika, daná součtem vypínacích charakteristik všech jisticích přístrojů na začátku kabelů, ležet vlevo dole od výsledné přetěžovací charakteristiky paralelního vedení při vyjádření obou charakteristik ve společných souřadnicích.

Z hlediska ochrany proti zkratu musí jisticí přístroj na začátku kabelu zajistit ochranu jeho vodičů před tepelným přetížením v důsledku účinků maximálních zkratových proudů na začátku kabelu - na obr. 118 místo zkratu 1. Kontroluje se tedy fázový vodič z hlediska účinků maximálního trojfázového zkratového proudu a PEN vodič z hlediska účinků maximálního jednofázového zkratového proudu. Z hlediska účinků maximálních zkratových proudů se provádí také kontroly na samém konci kabelu – místo zkratu 3. Při těchto kontrolách se uvažuje trojfázový a jednofázový zkratový proud tekoucí kabelem do místa zkratu z opačné strany – „zpětný“ proud. Dílčí zkratové proudy, které tvoří tento proud, prochází od zdroje neporušenými kabely a jisticími přístroji na jejich začátcích – viz červené šipky na obr. 118. Dále se provádí kontrola z hlediska tepelných účinků minimálního jednofázového zkratového proudu pro případ, že nastane zkrat na začátku kabelu – místo zkratu 1, a vypne jisticí přístroj  $F_{n1}$  na začátku kabelu. Zkratový proud teče potom do místa 1 tak, jako při kontrolách v místě 3, tj. z opačné strany. V obou případech mohou být tepelné účinky zpětných proudů velmi významné, rozhodující. Musíme si uvědomit, že jednotlivými jisticími přístroji tekou dílčí proudy a jim odpovídající  $(I^2t)_{dílčí}$  mohou být zvláště v případě minimálního zkratového proudu velké

( např. u pojistky oblast proudu, kde ještě neomezuje) a že výsledný  $(I^2t)_{\text{výsledný}}$ , který projde vodiči zkratovaného kabelu, ať již na konci nebo začátku, se rovná:

$$(I^2t)_{\text{výsledný}} = (n-1)^2 (I^2t)_{\text{dílní}}$$

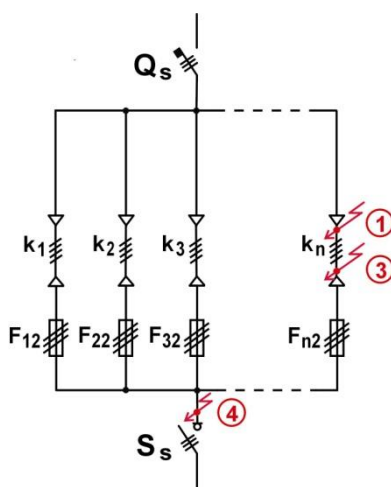
V případě předřazeného společného přístroje se provádí kontroly z hlediska účinků zpětných zkratových proudů v místě 1 a 3 také vzhledem k zajištění ochrany tímto přístrojem. Potom musí platit, že zkratovaný kabel uchrání buď jisticí přístroje na začátcích zbývajících kabelů, anebo předřazený společný jisticí přístroj. Pokud tomu tak není, musí být splněno ustanovení článku 473.2.4N1, bodu a) a kabely se přitom nesmí nacházet v prostředí s nebezpečím výbuchu nebo požáru.

V poslední řadě se provádí kontroly z hlediska tepelných účinků maximálního a minimálního zkratového proudu na konci kabelů – místo zkratu 4.

Varianta jištění jednotlivých paralelních kabelů samostatnými jisticími přístroji na jejich začátku je dokonalejší, ale z hlediska investičních nákladů dražší, než ochrana společným jisticím přístrojem. Při větším počtu paralelních kabelů mohou být problémy s tepelnými účinky zpětných proudů.

### **7.6.3. Jištění paralelních kabelů samostatnými přístroji na konci**

Schéma části elektrického rozvodu tvořeného paralelním vedením, kdy jištění jednotlivých paralelních kabelů je provedeno samostatnými jisticími přístroji na jejich konci a společným předřazeným jisticím přístrojem, je na obr.119:



obr. 119

Při tomto způsobu jištění musí být paralelním kabelům vždy předřazen společný jisticí přístroj. Tento jisticí přístroj zajišťuje kabelům ochranu proti zkratu. Jisticí přístroje na koncích kabelů zajišťují jejich dokonalejší ochranu proti přetížení.

Z hlediska trvalého zatížení a ochrany proti nedovolenému přetížení musí být splněny stejné podmínky jako u předchozí varianty jištění.

Zajištění ochrany proti zkratovým proudům se kontroluje v podstatě stejně jako u předchozích variant. Provádí se tedy kontroly z hlediska tepelných účinků Jouleových integrálů  $I^2t$  maximálních a minimálních zkratových proudů na vodiče paralelních kabelů v místech 1, 3 a 4, viz obr.119.

Varianta jištění jednotlivých paralelních kabelů samostatnými jisticími přístroji na jejich konci a předřazeným společným jisticím přístrojem je určitou modifikací předchozí varianty jištění, a to v případě, je-li také předřazen společný jisticí přístroj. Její výhodou je tedy také dokonalejší ochrana jednotlivých kabelů proti přetížení.

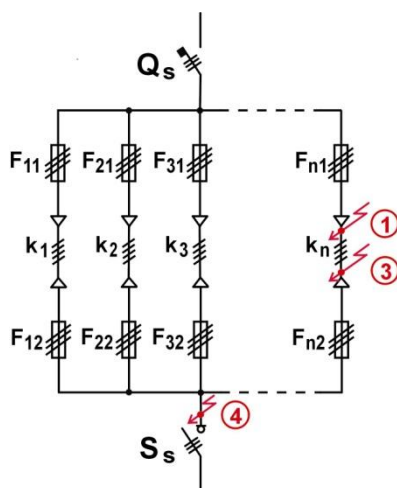
#### **7.6.4. Jištění paralelních kabelů samostatnými přístroji na začátku i na konci**

Jištění paralelních kabelů samostatnými jisticími přístroji na jejich začátku a také konci je vhodné, pokud:

- společný jisticí přístroj nezajistí ochranu proti zkratu vedení tvořeného paralelními kabely – podrobněji viz bod b) varianty 2
- chceme zajistit dokonalejší ochranu proti přetížení jednotlivých kabelů a v důsledku nadměrných tepelných účinků zpětných zkratových proudů nelze použít variantu 2, tj. jištění jednotlivých kabelů samostatnými jisticími přístroji na jejich začátku

Tato varianta může být také doplněna o předřazený společný jisticí přístroj a přiřazený pro možnost odpojení vedení.

Schéma části elektrického rozvodu tvořeného paralelním vedením, kdy jištění jednotlivých paralelních kabelů je provedeno samostatnými jisticími přístroji na jejich začátku a také konci je na obr.120:



obr. 120

Z hlediska trvalého zatížení paralelního vedení jištěného jisticími přístroji na začátku i konci musí být splněna známá podmínka:

$$I_b \leq n I_n \leq n I_z$$

Pro zajištění ochrany proti nedovolenému přetížení musí pochopitelně také při této variantě ležet výsledná vypínací charakteristika vlevo dole od výsledné přetěžovací charakteristiky paralelního vedení.

Výše uvedené požadavky musí splňovat buď jisticí přístroje na začátcích kabelů nebo na jejich koncích.

Zajištění ochrany proti zkratu jisticími přístroji na začátcích kabelů a na jejich koncích se kontroluje stejným způsobem jako u předchozích variant, tj. v předpokládaných místech zkratů

1, 3 a 4 z hlediska tepelných účinků minimálních a maximálních zkratových proudů vzhledem k celkovým průřezům fázových vodičů a vodičů PEN paralelních kabelů a vzhledem k dílčím průřezům vodičů (jednoho vícežilového kabelu).

Výhodou této varianty je mimo dokonalejší ochrany jednotlivých kabelů také to, že v případě poruchy na některém z paralelních kabelů, můžeme tento kabel snadno na obou stranách odpojit a provozovat zbývající část paralelního vedení. Výhodou je i ochrana proti tepelným účinkům zpětných proudů, při větším počtu paralelních kabelů, jisticími přístroji na koncích kabelů.

## **7.7. Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů nn**

### **7.7.1. Úvod**

Elektrická silová vedení, určená k přenosu elektrické energie, mohou významně ovlivnit nejen bezporuchovost a bezpečnost její dodávky, ale i hospodárnost přenosu.

Správně navržené elektrické vedení musí být v souladu s celou řadou požadavků. Pokud okruh požadavků zúžíme na požadavky bezprostředně související s dimenzováním průřezu jeho vodičů, musí navržené vedení splňovat minimálně tato základní kritéria:

- a) nesmí být překročena jeho maximální dovolená teplota vzhledem k druhu izolace vodičů, a to jak při trvalém provozu, tak také při přetížení a zkratu
- b) úbytek napětí na vedení musí být menší nebo roven maximálnímu dovolenému úbytku
- c) impedance vedení (spolu s vypínací charakteristikou daného ochranného přístroje) musí být v souladu s podmínkami ochrany automatickým odpojením od zdroje, pokud je tato ochrana použita
- d) mechanická pevnost musí odpovídat jeho možnému extrémnímu namáhání – poryvy větru, námraza (venkovní vzdušné vedení), dynamické účinky zkratových proudů atd.

Současné splnění výše uvedených kritérií vyžaduje určitý minimální průřez vodičů vedení. Cena kabelu je úměrná průřezu jeho vodičů. Dimenzování vedení na základě těchto kritérií tedy vede k návrhu vedení s minimálními pořizovacími náklady.

V naprosté většině případů návrhu vedení jej dimenzujeme právě pouze z hlediska těchto kritérií, tedy minimálních pořizovacích nákladů. Na první pohled to nemá chybu, ale...

Pokud se rozhodneme koupit si např. auto, bude pro většinu z nás rozhodující nejen jeho pořizovací cena, ale také spotřeba pohonných hmot, která tvoří rozhodující část provozních nákladů. Když situaci trochu zjednodušíme, budeme se rozhodovat na základě celkové hospodárnosti, tedy minima celkových nákladů tvořených pořizovací cenou a provozními náklady. Ne jinak by tomu mělo být při návrhu elektrického vedení.

### **7.7.2. Hospodárný (optimální) průřez kabelů**

Pokud navrhujeme vedení, které bude významnou dobu zatěžováno proudem blížícím se výpočtovému proudu nebo cena elektrické energie bude vysoká (fotovoltaické elektrárny), je vhodné se zabývat hospodárností přenosu elektrické energie tímto vedením. **Za hospodárné vedení v tomto smyslu považujeme takové vedení, jehož průřezy vodičů jsou stanoveny na základě minimalizace celkových nákladů**, tj. pořizovacích a provozních nákladů za ekonomickou životnost vedení. Vlastní metodu stanovení hospodárného průřezu nazýváme obvykle **ekonomickou optimalizací průřezu**.

Hospodárné vedení tedy musí samozřejmě splňovat výše uvedená základní kritéria a) až d) a dále kritérium hospodárného průřezu. Problematikou stanovení hospodárného průřezu vodičů vedení se zabývají normy:



- ČSN 34 1610 Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách
- ČSN IEC 287-3-2 Ekonomická optimalizace průřezu silových kabelů

Pro ilustraci si uveďme základní vztahy ekonomické optimalizace průřezu vedení a předpoklady jejich platností, a to např. pro trojfázové vedení:

#### 7.7.2.1. Pořizovací náklady

Při ekonomické optimalizaci průřezu daného vedení uvažujeme:

- stejný způsob uložení vedení – v tom případě můžeme uvažovat jen pořizovací náklady na kabel (úměrné jeho průřezu) a nemusíme uvažovat náklady spojené s jeho uložením (konstantní, nezávislé na průřezu)<sup>1)</sup>.
- stejný typ kabelu - můžeme s určitou přijatelnou nepřesností uvažovat cenu kabelu délky 1m vztaženou k 1 mm<sup>2</sup> průřezu fázového vodiče jako konstantní

Poznámka:

<sup>1)</sup> Takto uvažované pořizovací náklady na vedení budou sice nižší než ve skutečnosti, ale na stanovení hospodárného průřezu vedení nemá neuvažování nákladů na jeho uložení vliv.

$$N_k = C_k \times S \times l \quad [\text{Kč}]$$

Kde:

- $N_k$  - pořizovací náklady na vedení (náklady na kabel) [Kč]
- $C_k$  - cena kabelu na 1m délky vztažená k 1 mm<sup>2</sup> průřezu fázového vodiče [Kč/m mm<sup>2</sup>]
- $S$  - průřez jedné fáze vedení [mm<sup>2</sup>]
- $l$  - délka vedení [m]

#### 7.7.2.2. Provozní náklady

Provozní náklady jsou dány budoucími náklady na elektrické ztráty ve vedení.

Náklady na ztráty v prvním roce:

$$N_{z1} = 3 \times 0,001 \times \rho_{45} \times \frac{l}{S} \times I_p^2 \times T \times C_w \quad [\text{Kč}]$$

Kde:

- $N_{z1}$  - náklady na ztráty v prvním roce [Kč]
- $\rho_{45}$  - měrný elektrický odpor vodičů vedení při 45 °C [ $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ]
- $I_p$  - výpočtový (maximální soudobý) proud tekoucí vedením v prvním roce [A]
- $T$  - doba plných ztrát za rok [hod/rok]
- $C_w$  - cena jedné kWh elektrické energie [Kč/kWh]

Měrný elektrický odpor  $\rho$  uvažujeme při 45 °C, protože dovolený zatěžovací proud vedení s optimalizovaným průřezem bude výrazně větší než výpočtový proud tekoucí tímto vedením. Nepřesnost proti skutečnosti ovlivňuje zanedbatelně stanovení hospodárného průřezu. Doba plných ztrát  $T$  je čas, za který by ve sledovaném období jednoho roku způsobil výpočtový proud  $I_p$  stejné ztráty jako skutečně procházející, časově proměnný, proud  $I(t)$ :

$$T = \int_0^{8760} \frac{I^2(t) \times dt}{I_p^2} \quad [\text{hod}]$$

nebo pokud lze vyjádřit průběh skutečně procházejícího proudu vedením konstantními hodnotami v jednotlivých časových úsecích ve sledovaném období:

$$T = \frac{I_1^2 \times t_1 + I_2^2 \times t_2 + \dots + I_n^2 \times t_n}{I_p^2} \quad [\text{hod}]$$

Kde:

$I_1, \dots, I_n$  - proudy konstantní velikosti procházející vedením po dobu  $t_1, \dots, t_n$

Aby bylo možné dávat do společného vztahu pořizovací náklady a provozní náklady v průběhu ekonomické životnosti vedení, je nutné je vyjádřit ekonomickými hodnotami, které se vztahují ke stejnému časovému bodu. Jako tento bod je vhodné volit datum provedení elektrického rozvodu a považovat jej za současnost. Budoucí náklady na ztráty elektrické energie ve vedení se potom přepočítají na jejich ekvivalentní současnou hodnotu pomocí diskontování.

V případě placení nákladů na ztráty na konci roku je jejich současná hodnota k datu provedení elektrického rozvodu:

$$N_{z1} = 3 \times 0,001 \times \rho_{45} \times \frac{l}{S} \times I_p^2 \times T \times C_w \times \frac{1}{1+i/100} \quad [\text{Kč}]$$

Kde:

$i$  - diskontní sazba [%]

Výše diskontní sazby vyjadřuje časovou hodnotou peněz. V případě nedostatku přesnějších informací lze uvažovat diskontní sazbu  $i = 5 \%$ .

Pokud vezmeme v úvahu možný nárůst zatížení vedení a ceny elektrické energie, bude současná hodnota nákladů na ztráty, tedy provozních nákladů, za ekonomickou životnost vedení:

$$N_z = 3 \times 0,001 \times \rho_{45} \times \frac{l}{S} \times I_p^2 \times T \times C_w \times \frac{B}{1+i/100} \quad [\text{Kč}]$$

Kde:

$N_z$  - současná hodnota nákladů na ztráty

$B$  - součinitel zahrnující nárůst zatížení, ceny elektrické energie za dobu ekonomické životnosti vedení a diskontní sazbu

$$B = \sum_{n=1}^{t_r} (r^{n-1}) = \frac{1-r^{t_r}}{1-r}$$

$$r = \frac{(1+a/100)^2 \times (1+b/100)}{(1+i/100)}$$

Kde:

$t_r$  - ekonomická životnost vedení [rok]

$a$  - roční nárůst zatížení [%/rok]

$b$  - roční nárůst ceny elektrické energie [%/rok]

Ekonomická životnost vedení je doba uvažovaná pro ekonomické výpočty. Je menší, maximálně rovna, fyzické životnosti vedení.

Předpokládá se, že diskontní sazba, roční nárůst zatížení a roční nárůst ceny elektrické energie budou po celou dobu ekonomické životnosti konstantní.

### 7.7.2.3. Celkové náklady na vedení

$$N_c = N_k + N_z \quad [\text{Kč}]$$
$$N_c = \left( C_k \times S \times l \right) + \left( 0,003 \times \rho_{45} \times \frac{l}{S} \times I_p^2 \times T \times C_w \times \frac{B}{1+i/100} \right)$$

### 7.7.2.4. Hospodárný průřez vodiče (paralelních vodičů) jedné fáze vedení

Jak je uvedeno výše, hospodárný (optimální) průřez vodičů elektrického vedení se stanoví na základě minimální hodnoty celkových nákladů na vedení za jeho ekonomickou životnost. Hospodárný průřez vodičů tedy stanovíme z nulové hodnoty první derivace funkce celkových nákladů podle průřezu:

$$\frac{dN_c}{dS} = 0$$

$$\left( C_k \times l \right) - \left( 0,003 \times \rho_{45} \times l \times S_o^{-2} \times I_p^2 \times T \times C_w \times \frac{B}{1+i/100} \right) = 0$$

tedy hospodárný průřez vodiče(ů) jedné fáze trojfázového vedení:

$$S_o = 0,055 \times I_p \times \sqrt{\frac{C_w}{C_k} \times \rho_{45} \times T \times \frac{B}{1+i/100}} \quad [\text{mm}^2]$$

Stejným způsobem lze odvodit vztah pro hospodárný průřez jednoho pracovního vodiče jednofázového vedení:

$$S_o = 0,045 \times I_p \times \sqrt{\frac{C_w}{C_k} \times \rho_{45} \times T \times \frac{B}{1+i/100}} \quad [\text{mm}^2]$$

K takto stanovenému hospodárnému (optimálnímu) průřezu zvolíme nejbližší normalizovaný průřez kabelu. Není výjimkou, že optimalizací průřezu snížíme celkové náklady na vedení o více než 50 %.

## 7.8. Oteplení vedení

Podle dovolených teplot pro přetížení zvoleného vedení (např. pro kabely CYKY je to 120 °C) se vypočítává přetěžovací charakteristika pro časy delší než 5 s a zobrazuje se v rastru charakteristik jisticích přístrojů slabou čarou. Kromě toho se vypočítává maximální oteplení vedení při přetížení podle použitého předřazeného jištění, a to se zobrazuje ve výpisu. Pokud se zadají všechny potřebné parametry při volbě vedení "Jiný", jsou samozřejmě vzaty pro výpočet.

K výpočtu se bere jako základ rovnice (pro izolované vodiče):

$$I = I_z \times e^{\frac{\ln \left( \frac{\Delta T}{\Delta T_z \times \left( 1 - \frac{1}{e^{\frac{t}{\tau}}} \right)} \right)}{2,492}}$$

Kde je:

<b>I</b>	proud, který ohřeje za dobu t vedení na maximální dovolenou teplotu při přetížení
<b>I<sub>z</sub></b>	dovolené proudové zatížení vedení pro dané uložení
<b>ln</b>	přirozený logaritmus
<b>ΔT</b>	maximální dovolené oteplení vedení při přetížení a dané počáteční teplotě
<b>ΔT<sub>z</sub></b>	maximální dovolené oteplení vedení při proudu I <sub>z</sub> a dané počáteční teplotě
<b>t</b>	doba průchodu proudu I vedením
<b>tau</b>	časová oteplovací konstanta vedení

## 7.9. Úbytky napětí

Vyčísľujú sa ako percentní ve vztahu ke jmenovitému napětí sítě za "teplého stavu" pro zatížení vývodů soudobým (výpočtovým) proudem. Jejich velikosti jsou dány absolutními hodnotami vektorů úbytků napětí. Úbytky se sčítají vektorově, proudy skalárně. U vývodů a odboček se uvádí skutečné napětí při plné zátěži s uvažováním uvedených úbytků. Při vyšetřování úbytků napětí při přetížení se uvažuje odpor vedení pro teplotu v ustáleném stavu.

## 8. Doporučená literatura

Příručka elektrotechnika – Jisticí přístroje I (ke stažení v Modré planetě na [www.oez.cz](http://www.oez.cz))

Příručka elektrotechnika – Jisticí přístroje II (ke stažení v Modré planetě na [www.oez.cz](http://www.oez.cz))

ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení

ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy

ČSN 33 2000-4-473 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 4: Bezpečnost. Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudom

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN EN 60909-0 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů

OEZ s.r.o. si vyhrazuje právo změny jak programu, tak i dat přístrojů.

**OEZ s.r.o.**  
Šedivská 339  
561 51 Letohrad  
tel.: +420 465 672 111  
fax: +420 465 672 151  
e-mail: oez.cz@oez.com  
www.oez.cz

DIČ: CZ49810146  
IČO: 49810146  
Firma zapsaná v obch. rejstříku KS  
v Hradci Králové, oddíl C,  
vložka 4649

## TECHNICKÁ PODPORA

**Modulární přístroje Minia**  
tel.: +420 465 672 190  
e-mail: minia.cz@oez.com

**Kompaktní jističe Modeion  
a vzduchové jističe Arion**  
tel.: +420 465 672 191  
e-mail: modeion.cz@oez.com  
e-mail: arion.cz@oez.com

**Pojistkové systémy Varius**  
tel.: +420 465 672 192  
e-mail: varius.cz@oez.com

**Přístroje pro spínání  
a ovládání Conteo**  
tel.: +420 465 672 355  
e-mail: conteo.cz@oez.com

**Rozvodnice a rozváděčové  
skříně Distri**  
tel.: +420 465 672 197  
e-mail: distri.cz@oez.com

**Modernizace rozváděčů – retrofity**  
tel.: +420 465 672 193  
e-mail: retrofity.cz@oez.com

**Teorie jištění, spolupráce přístrojů,  
program Sichr**  
tel.: +420 465 672 194  
e-mail: sichr.cz@oez.com

**CAD/CAE podpora**  
tel.: +420 465 672 196  
e-mail: cad.cz@oez.com

**Propagace, katalogová dokumentace**  
tel.: +420 465 672 195  
e-mail: dokumentace.cz@oez.com

## SERVISNÍ SLUŽBY

**Operativní servis**  
tel.: +420 465 672 313  
e-mail: servis.cz@oez.com  
Nepřetržitá pohotovostní služba  
mobil: +420 602 432 786

**Prevence poruch - asistenční služby,  
diagnostika a údržba přístrojů**  
tel.: +420 465 672 369  
e-mail: servisni.sluzby.cz@oez.com

**Retrofity**  
tel.: +420 465 672 193  
e-mail: retrofity.cz@oez.com

## OBCHOD

**Prodej a příjem objednávek**  
tel.: +420 465 672 379  
e-mail: prodej.cz@oez.com  
objednavky.cz@oez.com



ČR

**OEZ SLOVAKIA, spol. s r.o.**  
Rybničná 36c  
831 07 Bratislava  
tel.: +421 2 49 21 25 11  
fax: +421 2 49 21 25 25  
e-mail: oez.sk@oez.com  
www.oez.sk

IČ DPH: SK2020338738  
IČO: 314 05 614  
Obchodný register Okresného súdu  
Bratislava I  
oddiel: Sro, vložka číslo: 9850/B

## TECHNICKÁ PODPORA

tel.: +421 2 49 21 25 55  
e-mail:  
technicka.podpora.sk@oez.com

## SERVISNÉ SLUŽBY

**Servis**  
tel.: +421 2 49 21 25 09  
Nepřetržitá pohotovostná služba  
(platí iba pre servis)  
mobil: +421 905 908 658  
e-mail: servis.sk@oez.com

## OBCHOD

**Predaj, reklamácie, expedícia**  
tel.: +421 2 49 21 25 13  
+421 2 49 21 25 15  
+421 2 49 21 25 16  
e-mail: predaj.sk@oez.com



SR



2015

Změny vyhrazeny

