

## 5. Modelování ochran

V rámci projektu je demonstrována možnost matematického modelování ochran s využitím programu EMTP-ATP. Nejprve byl vytvořen model nadproudového stupně SPCJ3C3, jako součásti souboru generátorových ochran SPAG332. V prostředí preprocesoru ATPDraw jsou pro modelování využity TACS komponenty. Jako další je modelován nadproudový článek NOC3, který je součástí terminálu REF54. Protože přenesení funkce stupně do logiky TACS komponent je příliš obtížné, byl tento stupeň modelován pomocí programovacího jazyka MODELS.

### 5.1 Modelování soubor ochran generátoru SPAG 332

Soubor ochran generátoru SPAG 332 je určen pro chránění generátorů a jejich hnacích mechanických jednotek (strojů).

Chránění hnací mechanické jednotky (stroje) zajišťuje zpětná wattová ochrana, která brání motorickému chodu soustrojí. Chránění generátoru zajišťují přepětí ochrana, zkratová ochrana a ochrana vyhodnocující zemní poruchu statoru.

Přepětí ochrana je ochranou dvoustupňovou. Nadproudový modul s jedním stupněm s nižším rozsahem seřiditelnosti a s druhým stupněm s vyšším rozsahem seřiditelnosti je použit pro zkratové chránění.

Dvoustupňový modul směrové proudové ochrany (vyhodnocující nulový proud) je využit jako zemní ochrana.

Soubor ochran generátoru obsahuje tři ochranné moduly: kombinovaný modul přepětí ochrany a zpětné wattové ochrany SPCP 3C2, který je určen k chránění hnací mechanické jednotky při zpětném toku výkonu a k chránění generátoru při přepětí, modul 3fázové nadproudové ochrany SPCJ 3C3, který je určen pro zkratové chránění a modul směrové proudové ochrany (vyhodnocení nulového proudu) SPCS 3C4, který je určen pro chránění při zemních poruchách statoru stroje.

Přepětí ochrana má dva stupně  $U>$  a  $U>>$ . Jestliže napětí překročí nastavenou hodnotu stupně  $U>$ , dojde k popudu stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti a je aktivován provozní indikátor působení  $U>$  (svítí žlutým světlem). Po uplynutí přednastaveného času působení je přepětí stupněm generován ovládací signál na

výstupní relé a provozní indikátor působení se rozsvítí červeným světlem. Stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti  $U_{>>}$  pracuje stejným způsobem jako stupeň  $U_{>}$ .

Funkce vyhodnocující zpětný tok výkonu měří jednofázově výkon mezi generátorem a sítí. Měření vyhodnocuje fázové proudy fází L1, L2 a sdružené napětí mezi fázemi L1 a L2. Jestliže je vyhodnocen tok činné složky výkonu ve zpětném směru, tj. ve směru ze sítě do generátoru, je při překročení hodnoty popudové hladiny funkce zpětného výkonu aktivována příslušná funkce a současně je aktivován žlutý provozní indikátor působení. Po uplynutí přednastaveného času působení je modulem generován ovládací signál na výstupní relé a provozní indikátor působení  $P_{\leftarrow}$  se rozsvítí červeným světlem. Kombinovaný modul přepětové a zpětné wattové ochrany indikuje výkon měřený stupněm zpětného výkonu v rozsahu  $(-25 \text{ až } +25)\%$  jmenovitého výkonu  $P_N$ .

Jestliže fázový proud překročí nastavenou hodnotu modulu nadproudového stupně s nižším rozsahem seřiditelnosti  $I_{>}$ , dojde k aktivaci odpovídajícího časového členu a provozního indikátoru působení stupně (svítí žlutým světlem). Po uplynutí nastaveného času působení je modulem generován ovládací signál na výstupní relé. Současně se provozní indikátor působení rozsvítí červeným světlem. Stupeň proudového modulu s vyšším rozsahem seřiditelnosti  $I_{>>}$  pracuje stejným způsobem jako stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti  $I_{>}$ .

Ochrana vyhodnocující zemní poruchu má dva stupně  $I_{\varphi>}$  a  $I_{\varphi>>}$ . Jestliže hodnota nulového napětí překročí nastavenou hodnotu a současně je překročena nastavená hladina hodnoty  $I_0 \times \cos\varphi$  nebo hladina hodnoty  $I_0 \times \sin\varphi$  u stupně  $I_{\varphi>}$  ( $\varphi$  je úhel mezi nulovým napětím a nulovým proudem), dojde k popudu stupně a k aktivaci provozního indikátoru působení stupně (svítí žlutým světlem). Po uplynutí nastaveného času působení je stupněm  $I_{\varphi>}$  generován ovládací signál na výstupní relé a provozní indikátor působení se rozsvítí červeným světlem. Stupeň modulu směrové proudové ochrany (vyhodnocující nulový proud) s vyšším rozsahem seřiditelnosti  $I_{\varphi>>}$  pracuje stejným způsobem jako stupeň  $I_{\varphi>}$ .

## Modul nadproudové ochrany SPCJ 3C3

### Charakteristika

Nadproudová ochrana obsahuje nadproudový stupeň  $I>$  s volitelnou nezávislou nebo inverzní charakteristikou, zkratový stupeň  $I>>$  s rozsahem nastavení  $(2,5 \text{ až } 20) I_N$  nebo  $(0,5 \text{ až } 4) I_N$ . Zkratový stupeň může být vyřazen z činnosti. Oba nadproudové stupně mohou být blokovány externími řídicími signály z jiných ochran. Dále ochrana obsahuje digitální displej měřených a nastavovaných hodnot a hodnot zaznamenaných v okamžiku poruchy.

### Popis funkce

Nadproudová ochrana může pracovat jako 1fázová, 2fázová nebo 3fázová. Nadproudový nebo zkratový stupeň startuje, jestliže proud některé fáze překročí jeho nastavenou hodnotu. Když restartuje, vygeneruje startovací signál (SS1 nebo SS2), současně se rozsvítí jeho žlutý indikátor. Pokud doba zvýšení proudu trvá tak dlouho, že překročí nastavené zpoždění, aktivuje stupeň, který nastartuje vypnutí vypínače signálem (TS1 nebo TS2). Současně se rozsvítí červený indikátor stupně, který je v činnosti. Indikátor svítí i po vynulování stupně, indikátor se odstaví tlačítkem RESET.

Působení nadproudového stupně  $I>$  může být blokováno přivedením blokovacího signálu BTS1.

Podobně je i možné blokovat činnost zkratového stupně  $I>>$  blokovacím signálem BTS2. Blokování je programováno spínací skupinou SGB na desce plošných spojů modulu.

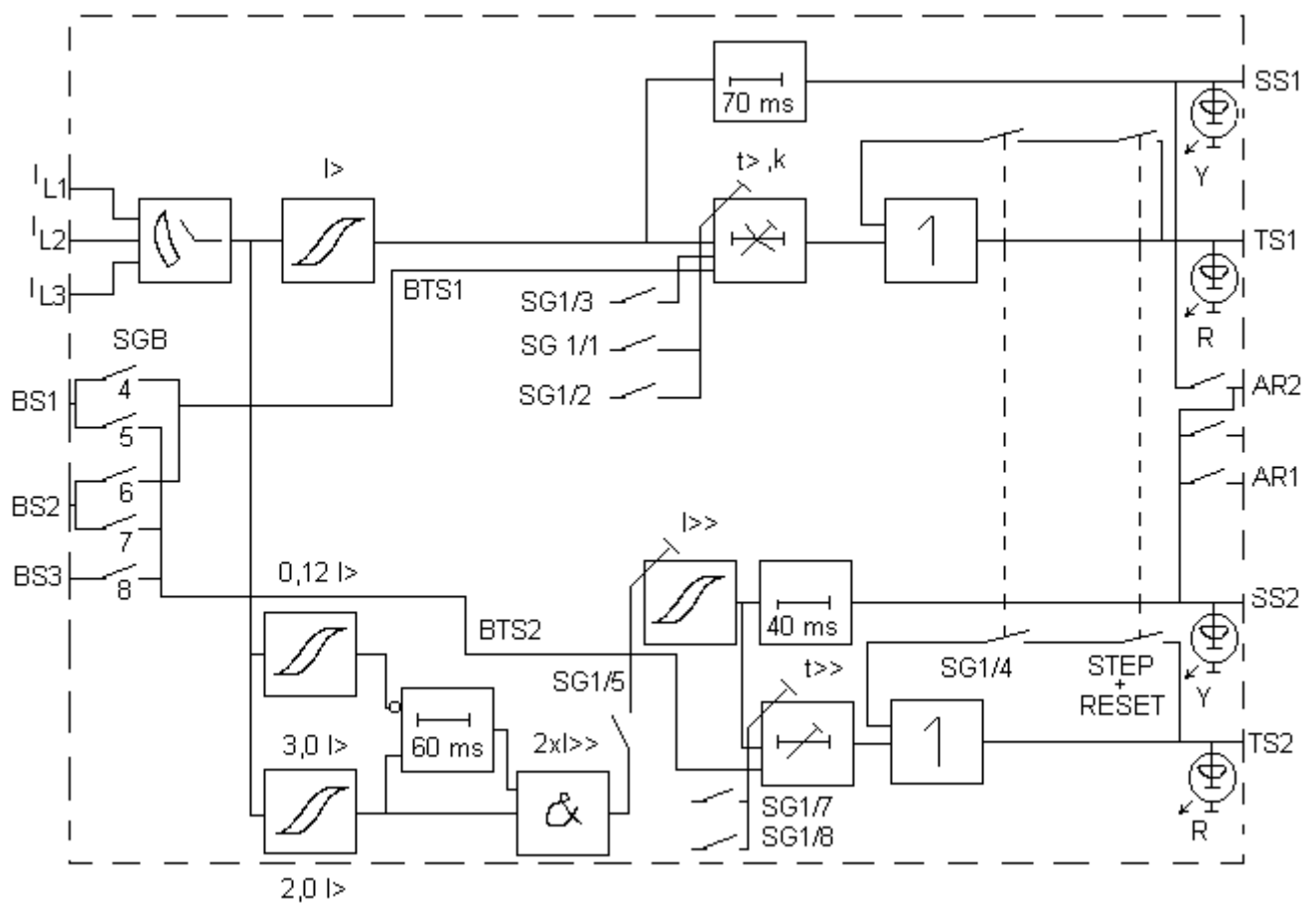
Když ochrana napáječe obsahuje modul AOZ (automatické opětné zapínání), je spínací skupina SGB použita pro výběr startovacích signálů pro AOZ.

Nadproudový stupeň může pracovat buď s nezávislou nebo inverzní charakteristikou. Charakteristika se volí spínačem SG 1/3. V časově nezávislém režimu je možno volit čas zpoždění stupně  $I>$  v jednom ze tří rozsahů, podle nastavení spínačů SG 1/1 a SG 1/2. Při použití inverzní charakteristiky (IDMT) jsou k dispozici čtyři charakteristiky čas / proud s různými stupni inverze.

Zpoždění zkratového stupně  $I>>$  je nastavitelné samostatně ve třech rozsazích. Rozsahy se volí spínači SG 1/7 a SG 1/8.

Činnost obou těchto stupňů je doplněna paměťovou funkcí (spínač SG 1/4), která udržuje aktivovaný vypínací výstup, i když příčina jeho aktivace zmizela. Resetování se provede současným stisknutím tlačítka STEP a RESET

Nastavenou hodnotu zkratového stupně  $I_{>>}$  je možno automaticky zdvojit při připojení chráněného objektu (tzv. startovací situace) takže nastavená hodnota zkratového stupně může být nižší než zapínací proud a programuje se spínačem SG 1/5. Startovací situace je definována jako situace, kdy proud fáze vzroste z hodnoty  $0,12 I_{>}$  na hodnotu vyšší než  $3,0 I_{>}$  dříve než 60 ms. Startovací situace končí, když proud fáze poklesne pod  $2,0 I_{>}$ . Rozsah nastavení zkratovacího stupně se volí spínačem SG 1/6. K dispozici jsou dva rozsahy:  $(2,5 \text{ až } 20) I_N$  a  $(0,5 \text{ až } 4,0) I_N$ . Na nižším rozsahu obsahuje modul dva téměř shodné operační stupně. V tomto případě může být modul 3C3 použit jako dvoustupňové odlehčení od zátěže. Činnost zkratového stupně může být blokována nastavením jeho startovací hodnoty na nekonečno.



Obr. 5.1 Blokové schéma nadproudové ochrany SPCJ 3C3

Kde:

$I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}$	měřené proudy fází,
BS1, BS2, BS3	externí blokovací signály,
BTS1	blokování vypínacího signálu ze stupně $I>$ ,
BTS2	blokování vypínacího signálu ze stupně $I>>$ ,
SG1	programovatelná spínací skupina na předním panelu,
SGB	programovatelná spínací skupina blokovacích signálů pro funkci AOZ ,
SS1	startovací signál stupně $I>$ ,
TS1	vypínací signál stupně $I>$ ,
SS2	startovací signál stupně $I>>$ .
TS2	vypínací signál stupně $I>>$
AR1, AR2	startovací signály povelů AOZ
Y	žlutý indikátor, startování
R	červený indikátor, vypínání

### Nastavované hodnoty

Nastavované hodnoty jsou zobrazovány třemi číslicemi vpravo.

$I>/I_N$  Nastavený startovací proud stupně  $I>$ , jako násobek jmenovitého proudu ochrany. Rozsah nastavení (0,5 až 2,5)  $I_N$ .

$t>$  (s) Nastavené zpoždění stupně  $I>$  vyjádřené v sekundách, když je použit časově nezávislý režim (SG 1/3 = 0). Rozsah nastavení je dán polohou spínačů SG 1/1 a SG 1/2. K dispozici jsou rozsahy (0,05 až 1,00) s, (0,5 až 10,0) s nebo (5 až 100) s. V inverzním režimu činnosti (SG 1/3 = 1) je rozsah nastavení násobitele  $k$  (0,05 až 1,00).

$I>>/I_N$  Nastavená hodnota startovacího proudu stupně  $I>>$ , jako násobek jmenovitého proudu ochrany. Rozsah nastavení je (2,5 až 20,0)  $I_N$ , když je SG1/6 = 0; (0,5 až 4,0)  $I_N$ , když je SG1/6 = 1. Mimo to může být nastaveno nekonečno (zobrazeno jako ---). V tomto případě je stupeň  $I>>/I_N$  vyřazen z činnosti.

$t>>$  Nastavená hodnota startovací proudu stupně  $I>>$  v sekundách. Rozsahy nastavení (0,04 až 1,00) s, (0,4 až 10,0) s nebo (4 až 100) s jsou určovány polohou spínačů SG 1/7 a SG 1/8.

## Charakteristiky čas / proud

Nadproudový stupeň  $I>$  může mít buď časově nezávislou nebo inverzní charakteristiku. Druh provozu je volen spínačem 3 spínací skupiny SG1.

Volbou IDMT charakteristiky je doba působení nadproudové ochrany  $I>$  funkcí proudu. Čím větší proud, tím kratší doba působení. Vztah mezi proudem a časem odpovídá normě

BS 142.1966 a IEC 255-4 a může být vyjádřen takto:

$$t = \frac{k \cdot \beta}{\left(\frac{I}{I>}\right)^\alpha - 1} \quad (5.1)$$

kde	$t$	doba působení(s)
	$k$	násobitel času (-)
	$I$	měřený proud (A)
	$I>$	nastavený proud (A)
	$\alpha, \beta$	konstanty definující stupeň inverze

Modul obsahuje čtyři charakteristiky s různým stupněm inverze. Charakteristiky se volí spínači 1 a 2 skupiny SG1.

Stupeň inverze je dán hodnotami konstant  $\alpha$  a  $\beta$ . (viz. Tab. 5.1)

Tab. 5.1 Charakteristika stupně inverze

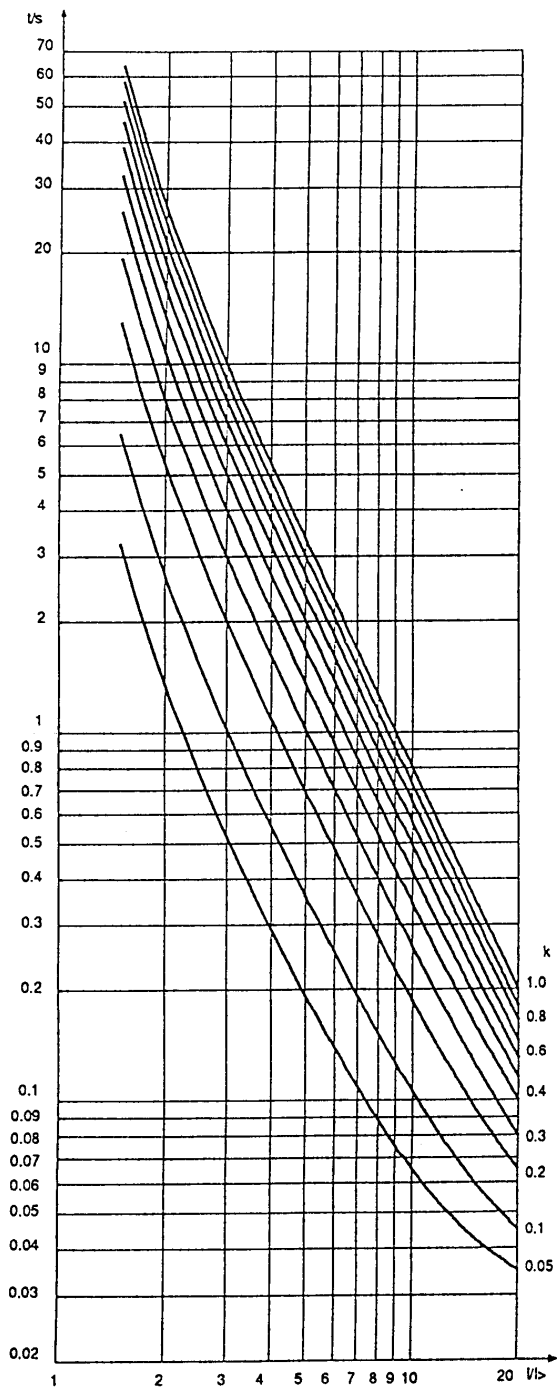
Stupeň inverze charakteristiky	$\alpha$	$\beta$
Normálně inverzní	0,02	0,14
Velmi inverzní	1,0	13,5
Extrémně inverzní	2,0	80,0
Dlouhodobá inverzní	1,0	120,0

Podle normy BS 142.1966 je normální rozsah proudu definován 2 až 20-ti násobkem nastavené hodnoty. Dále musí ochrana nastartovat, když hodnota proudu překročí nastavenou hodnotu 1,3 násobek při charakteristice čas/proud normálně inverzní, velmi inverzní nebo extrémně inverzní. Je-li charakteristika dlouhodobá inverzní, je podle normy normální rozsah 2 až 7 násobek nastavené hodnoty a ochrana musí nastartovat při proudu vyšším než 1,1 nastavené hodnoty.

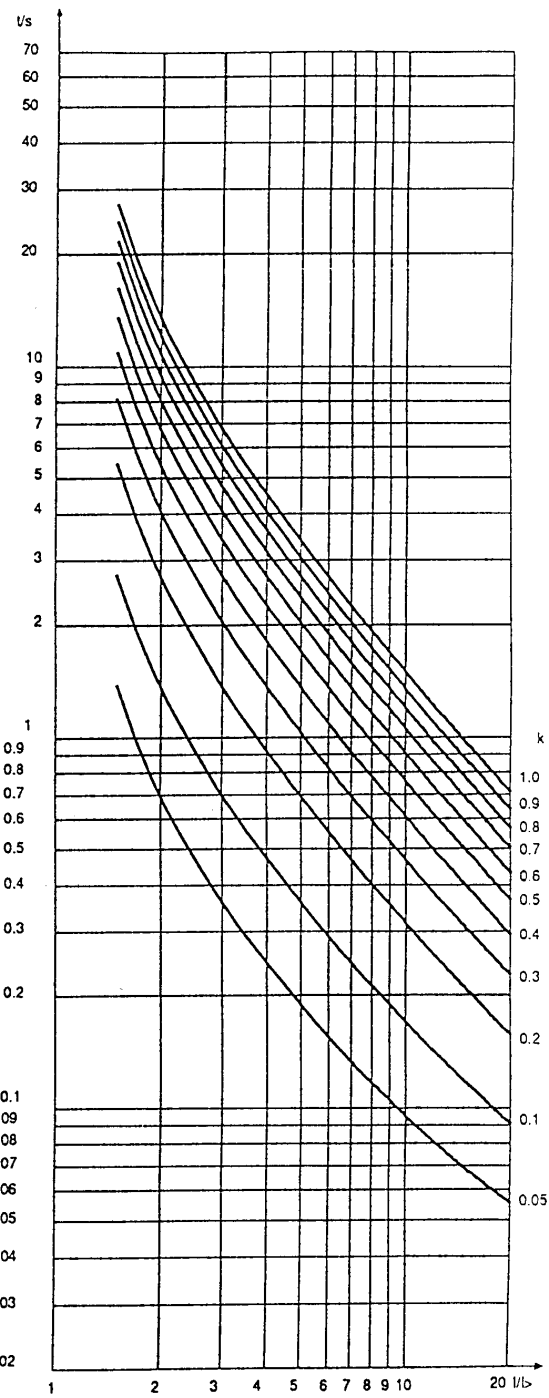
Tab. 5.2 Technické údaje nadproudového a zkratové stupně

Parametry	Stupeň I>	Stupeň I>>
Rozsah nastavení	(0,5 až 1,5) $I_N$	(0,5 až 1,5) $I_N$
Doba náběhu	< 70 ms	typ. 40 ms
Doba zotavení	30 ms	30 ms
Přidržený poměr	> 0,96	> 0,96
Přesnost nastavitelného zpoždění třídy E v inverzním režimu	5	-
Provozní přesnost	+/-3 % nastavené hodnoty	+/-3 % nastavené hodnoty
Přesnost nastavitelného zpoždění v časově nezávislém režimu	+/-2 % nastavené hodnoty nebo +/- 25 ms	-
Násobitel času	< 80 ms	-

Na Obr. 5.2 – 5.5 jsou zobrazeny průběhy inverzních charakteristik.

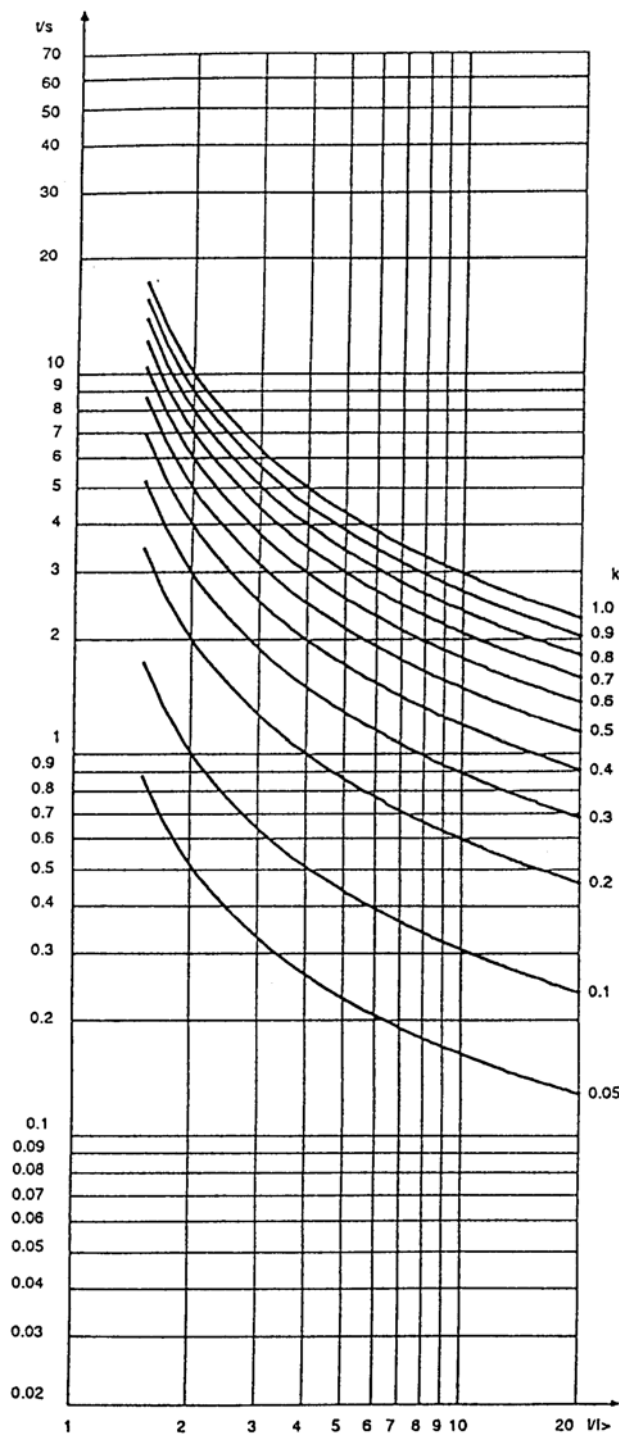


Obr. 5.2 Extrémně inverzní charakteristika

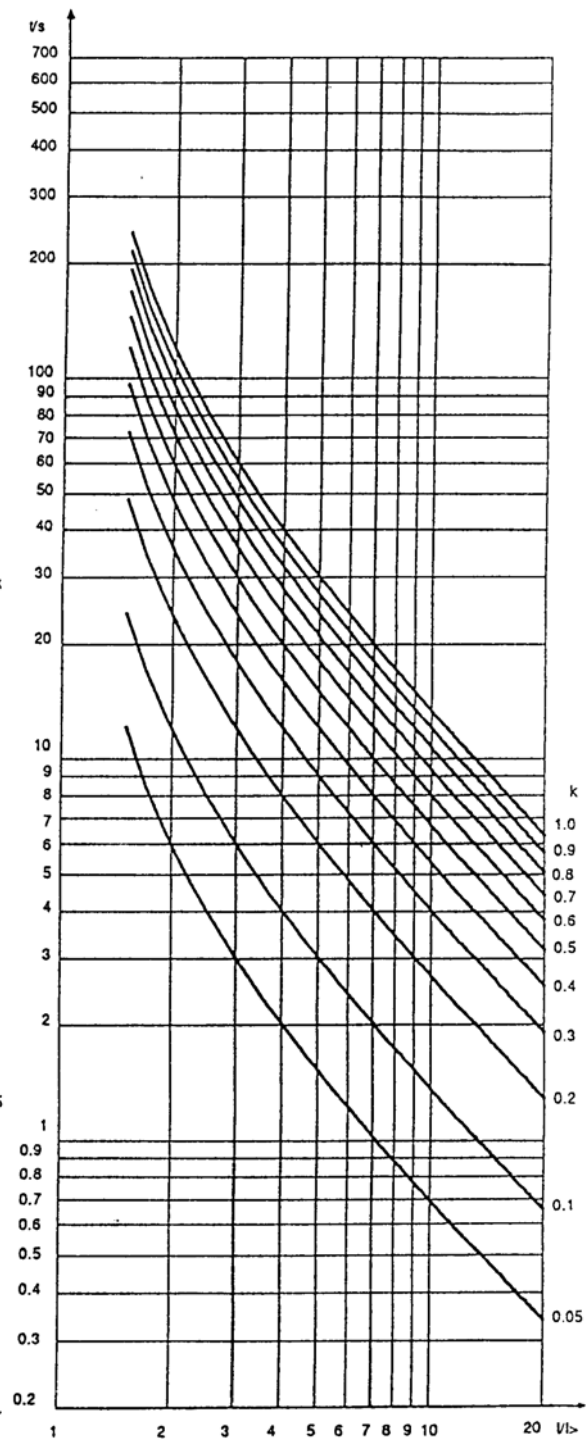


Obr. 5.3 Velmi inverzní charakteristika





Obr. 5.4 Normálně inverzní charakteristika

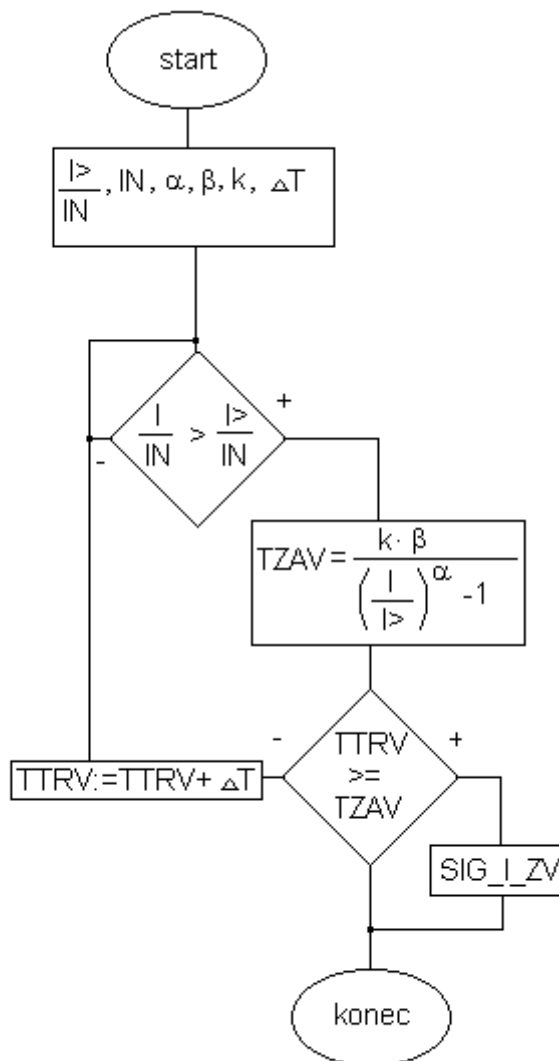


Obr. 5.5 Dlouhodobě inverzní charakteristika

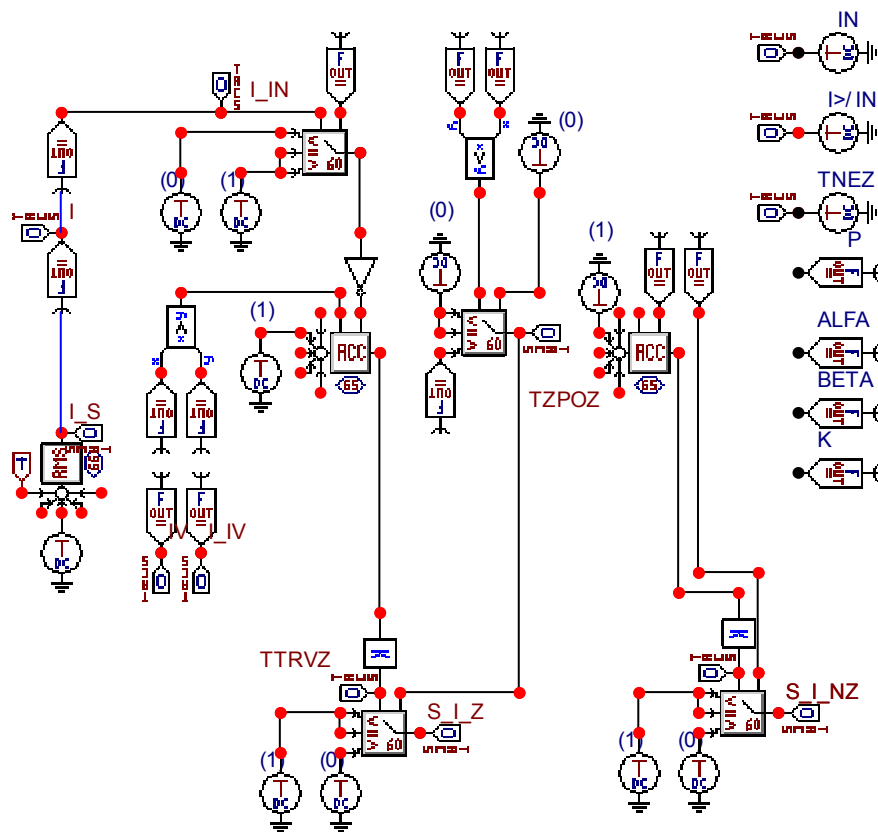
## Model nadproudového článku SPCJ 3C3 v ATPDraw

Byl vytvořen model modulu nadproudové ochrany SPCJ 3C3. Konkrétně byl realizován nadproudový stupeň s inverzní a časově nezávislou charakteristikou.

Vývojový diagram odpovídající sestavení modelu je uveden na Obr. 5.5. Vývojový diagram je vytvořen pro případ časově závislé inverzní charakteristiky, pro případ časově nezávislé je řešení podobné. Výsledné schéma modelu nadproudového stupně vytvořeného pomocí ATPDraw je na Obr. 5.6.



Obr.5.5 Zjednodušení schéma funkce modelu nadproudového stupně



Obr. 5.6 Model nadproudového stupně

Princip funkce modelu pro případ časově závislého režimu je následující: pokud dojde k překročení proudu některé fáze nad nastavenou hodnotu, je vygenerován startovací signál. Současně je sledována hodnota proudu zvýšená nad hodnotu nastavenou a z této hodnoty je pro inverzní charakteristiku určeno zpoždění (TZPOZ) stupně  $I>$  podle vztahu (5.1), kde jednotlivým veličinám odpovídá označení na Obr. 5.6 následovně:

Tab. 5.3 Označení veličin stupně SPCJ3C3

	Označení veličin stupně SPCJ3C3	Označení v ATPDraw
$t$	zpoždění signálu pro ovládací obvod ochrany (s)	(TZPOZ)
$k$	násobitel času (-)	(K)
$I$	efektivní hodnota měřeného proudu (A)	(I)
$I>$	efektivní hodnota proudu popudového článku (A)	(I>)
$\alpha$ a $\beta$	parametry definující charakter inverzní charakteristiky (-)	(ALFA, BETA)

Prostřednictvím čítače je určena velikost délky trvání překročení sledovaného proudu nad nastavenou hodnotu (TTRVZ). Pokud dojde ke splnění podmínky  $TTRVZ \geq TZPOZ$ , je vygenerován vypínací signál, pokud ne, celý cyklus se opakuje.

To vše je určováno průběžně v čase s krokem, který je definován. V případě časově nezávislé charakteristiky je funkce modelu obdobná, pouze není určována početně hodnota zpoždění stupně, ale tato hodnota je přímo zadána (TNEZ).

Model se skládá z:

- části zadávání,
- měřící části,
- části vyhodnocení a části obvodu řízení,
- ovládacího obvodu.

Měřící část je tvořena blokem obecné funkce (FORTRAN1), který představuje měřící transformátor proudu a TACS sondou (EMTP – OUT, nastavení: Type = 91, T\_sta = 0 s, T\_sto = 10 s), která měří průběh proudu ve fázi A. Výstup ze sondy je přiveden na vstup modulu pro určení efektivní hodnoty signálu (DEVICE 66 - Rms meter 66). Výstupem z bloku je ukončena měřící část.

Signál z měřící části je přiveden na vstup *Sign\_1* části vyhodnocení (DEVICE 60 – Input IF 60, nastavení Type = 98, Const. = 0). Na druhý vstup *Sign\_2* podmínkového bloku části vyhodnocení je přiveden signál, představující nastavenou hodnotu startovacího stupně  $I>$ , který je realizován blokem obecné funkce (FORTRAN1), jejíž hodnota se odvolává na nastavenou hodnotu v části zadávání. Tato hodnota, spolu s hodnotou převodu transformátoru proudu, jmenovitou hodnotou proudu ochrany a hodnotou zpoždění stupně, je reprezentována zdrojem stejnosměrného signálu DC\_01 (nastavení: Ampl. = maximální hodnota, T\_sta = 0, T\_sto = 10). Jak hodnota sledovaného proudu ( $I$ ), tak i hodnota startovacího proudu ( $I>$ ) je vztažena ke jmenovité hodnotě proudu ochrany ( $I_N$ ). Na výstupu podmínkového členu je vygenerován startovací signál, jestliže hodnota sledovaného proudu překročí nastavenou hodnotu. Tento signál je přiveden na vstup čítače (DEVICE 65 Acc count – 65, nastavení Type = 88, Reset = 0), který určuje délku trvání tohoto impulsu (TTRVZ). V souladu s tím, co bylo výše uvedeno, je současně sledována hodnota proudu po překročení hodnoty nastavené, ze které je v případě časově závislé inverzní

charakteristiky určována hodnota zpoždění stupně (TZPOZ). Výpočet této hodnoty je realizován prostřednictvím bloku obecné funkce (FORTRAN1), kde jednotlivé parametry, definující stupeň inverze, jsou popsány v části zadávání, rovněž prostřednictvím bloku funkce (FORTRAN1). Oba výstupní signály, jak z čítače (TTRVZ), tak i z bloku obecné funkce (FORTRAN1) (TZPOZ) jsou přivedeny na vstup podmínkového bloku IF (DEVICE 60 – Input IF 60, nastavení Type = 98, Const. = 0), kde je provedeno již dříve zmíněné vyhodnocení, pokud platí:  $TTRVZ \geq TZPOZ$ , je vygenerován vypínací signál na vstup ovládacího obvodu, který je tvořen časově řízeným spínačem (sw\_tacs.sup, nastavení CLOSED = 0, GIFU = 0), pokud ne, celý cyklus se opakuje. V případě časově nezávislého režimu je na vstup podmínkového bloku namísto signálu (TZPOZ) přiveden signál (TNEZ), který je definován v zadávací části.

V zadávací části podle Obr. 5.6 jsou nastaveny tyto hodnoty:

IN	efektivní hodnota jmenovitého proudu ochrany (A),
$I>/I_n$	poměrná hodnota startovacího proudu stupně $I>$ (-),
TNEZ	nastavené zpoždění stupně v časově nezávislém režimu (s),
P	převod měřicího transformátoru proudu,
ALFA, BETA	koeficienty definující charakter inverzní charakteristiky (-),
K	násobek času (-).

Z důvodu přehlednosti je zapojení komprimováno do bloku pomocí **Edit/Compress**. Blok má tři vývody, jeden je určen pro přivedení měřeného signálu, další dva jsou vyhrazeny pro výstupní signály pro ovládací obvod, S\_I\_Z v případě časově závislého a S\_I\_NZ v případě časově nezávislého režimu.

## 5.2 Modelování terminálu REF 54

Terminály vývodových polí REF 541, REF 543 a REF 545 jsou určeny k ochraně, řízení/ovládání, měření a kontrole vývodu v sítích vysokého napětí. Tyto terminály lze použít pro různé typy rozveden, pro jednoduché i dvojité přípojnice a rovněž pro zdvojené systémy. Ochranné funkce jsou vhodné také pro různé typy sítí, jako např. síť s izolovaným uzlem, rezonančně uzemněné síť a částečně uzemněné síť. Datové komunikační příslušenství umožňuje komunikaci se zařízením na vyšší úrovni a zahrnuje komunikaci po sběrnici SPA nebo komunikaci po sběrnici LON. Terminály vývodových polí REF 541, REF 543 a REF 545 obsahují značné množství následujících funkcí: ochranné funkce, měřicí funkce, funkce vyhodnocující kvalitu elektrické energie, řídicí/ovládací funkce, funkce monitorující provozní podmínky, univerzální funkce, komunikační funkce, standardní funkce.

## Nadproudový stupeň NOC3

Vlastnosti:

- Jednofázová, dvoufázová nebo třífázová nadproudová ochrana
- Plně uživatelem konfigurovatelné vstupy/výstupy
- Provoz s nezávislým časovým zpožděním (DT)
- Šest inverzních (proudově závislých) časových charakteristik (IDMT)
- Proudů mohou být měřeny klasickými proudovými transformátory nebo Rogowského cívkami
- Možnost použití jak sdružených, tak fázových napětí
- Napětí mohou být měřena klasickými napěťovými transformátory nebo napěťovými děliči
- NOC3High a NOC3Ins: nesměrový provoz proudového nárazu během zapnutí/úvedení do provozu, kdy je spínač sepnut do blízké poruchy a napětí nenaroste na měřitelnou úroveň.
- Paměťové funkce pro udržení stability a spolehlivosti systému při blízkých poruchách, charakterizovaných extrémně nízkým napětím.
- Stupeň může být nastaven na provoz buď pouze pro zkraty nebo pro zemní poruchy a zkraty současně.
- Provoz každého stupně může být založen na dvou alternativních principech měření:  
Průměrná hodnota dvou po sobě následujících okamžitých vrcholových hodnot (peak-to-peak) nebo numericky počítané složky základní frekvence zkratového proudu.

- Zpožděný vypínací výstup pro funkci ochrany proti selhání vypínače (CBFP)

## **Model nadproudového článku NOC3Low v ATPDraw**

Jak již bylo v úvodu kapitoly zmíněno, je pro modelování stupně použit programovací jazyk MODELS.

### **Programovací jazyk MODELS**

MODELS je obecný jazyk podporující simulace pro studium časově proměnných systémů. MODELS soubor je snadněji čitelný než některý z vyšších programovacích jazyků. Kódování souborů odpovídá zároveň popisu modelu a není potřebné vysvětlování, které by bylo nezbytné pro čtení TACS souboru osobami, které nejsou seznámeny s TACS kódem.

MODELS je strukturovaný jazyk, žádající před kódováním připravit podle přesných pravidel seskupení typů bloků v souboru.

MODELS soubory jsou kódovány v úplně volném formátu, který umožní uživateli zdůraznit čitelnost souboru. Klíčová slova, deklarace, pokyny, funkce, názvy jsou takové, že uživatel s minimální znalostí jakéhokoliv programovacího jazyka bude moci identifikovat významné příkazy.

### **Skupiny v MODELS**

Použití MODELS je možné jen jako části EMTP-ATP datového souboru. MODELS úsek ATP datového souboru musí mít nejméně tři hlavní MODELS skupiny kódů, každá z nich je uvedena klíčovým slovem, podobně jako klíčová slova vyhrazená v EMTP-ATP. Tři skupiny jsou uváděny slovy MODELS, MODEL a USE. Klíčové slovo MODELS zahajuje MODELS část z ATP datového souboru. MODEL a USE skupiny jsou ukončeny při ENDMODEL a ENDUSE v tomto pořadí. Po ENDUSE je volitelná čtvrtá skupina klíčovým slovem ENDMODELS. MODELS je vložený do ATP souboru přesně stejným způsobem jako v TACS, následují řádky s daty.

Dvě hlavní skupiny v MODELS jsou MODEL a USE. Tyto skupiny jsou rozděleny do úseků uvedených klíčovými slovy DECLARATIONS, DERICTIVES a PROCEDURES. Všeobecná struktura MODELS může obsahovat několik MODEL-ENDMODEL-USE-ENDUSE skupin.

Při sestavení modelu pomocí programovacího jazyka MODEL je tedy nutné nejprve sestavit odpovídající programový zápis. Tento zápis je obdobný jako v případě programování pomocí programovacího jazyka PASCAL a je možné ho vytvořit prostřednictvím libovolného textového editoru. Pro funkci nadproudového článku NOC3Low je programový zápis následující

```
MODEL ochrana
  DATA rezim {dflt:1}
    Iv {dflt:15}
    t_DT {dflt:0.05}
    cas_kf {dflt:0.05}
    uhel {dflt:60}
    smer {dflt:0}
    zemoch {dflt:0}
    mereni {dflt:0}
    tdnas {dflt:0.03}
    min_t {dflt:0.03}
    CBFP {dflt:100}
    tstart {dflt:0.0}
    tstop {dflt:1000}
    freq {dflt:50}
  VAR
    I,TRIP,t0,td,IN,t0nas,t0nas2,t0nas3,t0nas4,t0nas5,Irms,tper,tt
  INPUT Ivst
  HISTORY Ivst {dflt:0}
  DELAY CELLS (Ivst):1000
  INIT
    tper:=1/freq
    tt:=timestep/tper
    I:=0
    t0nas:=0
    t0nas2:=0
    t0nas3:=0
    t0nas4:=0
    t0nas5:=0
    TRIP:=0
    t0:=0
    td:=0
  ENDINIT
  EXEC
--urceni efektivni hodnoty
  IF t>tstart AND tstop>t then
    I:=sqrt(I**2+tt*(Ivst**2-delay(Ivst,tper)**2))
  ENDIF
```



```

--nezavisly rezim
IF rezim=1 then t0nas:=t_DT
IF I>=Iv then IN:=1
    IF t0>=t0nas AND td<tdnas then TRIP:=1
        else IF t0>=t0nas
            then t0:=t0nas
            else t0:=(t0+timstep)
        ENDIF
    ENDIF
else IN:=0
    IF t0>0 then t0:=(t0+timstep)
        td:=(td+timstep)
    IF t0>=T0nas then IF td<tdnas then t0:=t0nas
        else t0:=0
        td:=0
    ENDIF
    else IF td>=tdnas then t0:=0
        td:=0
    ENDIF
ENDIF
else
ENDIF
ENDIF
ENDIF
IF IN=1 and td<tdnas and t0>=t0nas then t0:=0
    td:=0
else
ENDIF
IF TRIP=1 then t0:=0
    td:=0
else
ENDIF
ENDIF
--extremne inverzni rezim
IF rezim=2 then
    IF I>=Iv then IN:=1
        t0nas2:=(cas_kf*80)/(((I/Iv)**2)-1)
        IF t0>=t0nas2 AND t0>min_t then TRIP:=1
            else t0:=t0+timstep
        ENDIF
    else IN:=0
        t0:=0
        t0nas2:=0
    ENDIF
ENDIF
--silne inverzni rezim
IF rezim=3 then
    IF I>=Iv then IN:=1
        t0nas3:=(cas_kf*13.5)/(((I/Iv)**1)-1)
        IF t0>=t0nas3 AND t0>min_t then TRIP:=1
            else t0:=t0+timstep
        ENDIF
    else IN:=0
        t0:=0
        t0nas3:=0
    ENDIF
ENDIF
ENDIF

```

```

--normalne inverzni rezim
IF rezim=4 then
    IF I>=Iv then IN:=1
        t0nas4:=(cas_kf*0.14)/(((I/Iv)**0.02)-1)
        IF t0>=t0nas4 AND t0>min_t then TRIP:=1
            else t0:=t0+timestep
        ENDIF
    else IN:=0
        t0:=0
        t0nas4:=0
    ENDIF
ENDIF
--dlouhodobě inverzni rezim
IF rezim=5 then
    IF I>=Iv then IN:=1
        t0nas5:=(cas_kf*120)/(((I/Iv)**1)-1)
        IF t0>=t0nas5 AND t0>min_t then TRIP:=1
            else t0:=t0+timestep
        ENDIF
    else IN:=0
        t0:=0
        t0nas5:=0
    ENDIF
ENDIF
ENDEXEC
ENDMODEL
RECORD ochrana.TRIP AS TRIP
    ochrana.t0 AS oper_t
    ochrana.td AS drop_t
    ochrana.Ivst AS Ivst
    ochrana.I AS I
    ochrana.Iv AS Iv
    ochrana.t_DT AS t_DT
    ochrana.tdnas AS droptr
    ochrana.IN AS IN
    ochrana.t0nas2 AS t_EI
    ochrana.t0nas3 AS t_VI
    ochrana.t0nas4 AS t_NI
    ochrana.t0nas5 AS t_LI

```

Jedná se o zápis funkce stupně pro 4 základní časově závislé režimy a režimu časově nezávislého.

V části DATA jsou definovány proměnné, které lze potom nastavovat prostřednictvím dialogového v prostředí ATPDraw.

V části VAR jsou definovány veškeré proměnné, ať již proměnné, které jsou využívány pouze pro vnitřní logiku zápisu, tak i proměnné, které budou potřebné pro výstup. V části INPUT se proměnné přiřadí snímaná veličina vně bloku MODELS. Protože je vyžadován paměťový zápis vstupní proměnné, je pro tuto vyčleněn paměťový prsto pomocí příkazu HISTORY a DELAY CELLS.

Následuje část INIT s danou inicializací proměnných.

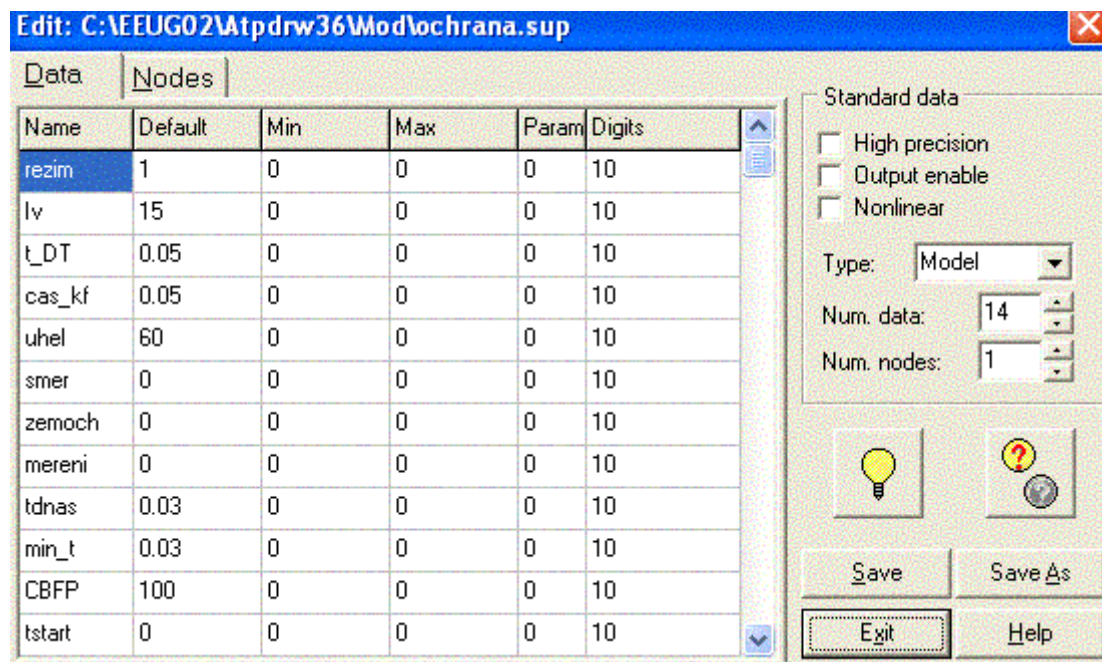
Po ukončení této části příkazem ENDINIT následuje vlastní jádro logiky uvedené příkazem EXEC. Jádro je ukončeno příkazem ENDEXEC.

Tímto je ukončena celá část příkazem ENDMODEL.

Následuje část definující veličiny pro výstup, která je uvedena příkazem RECORD.

Po vytvoření zápisu v programovacím jazyce MODELS je možno tomuto zápisu přiřadit odpovídající funkční blok v prostředí ATPDraw se všemi nakonfigurovanými vstupy a výstupy. Kliknutím pravého tlačítka myši na plochu prostředí ATPDRAW se vyvolá nabídka palety prvků v ATPDraw.

Je nutné vybrat **MODELS / Files (sup/mod)...** a určit cestu ke zdrojovému souboru s příponou \*.mod. Po potvrzení je vyvoláno informativní dialogové okno se soupisem počtu vstupů (**INPUT**), výstupů (**OUTPUT**) a počtu zadávaných dat (**DATA**). Po editování okna jeho potvrzením, následuje otevření nového okna se složkami **DATA** a **NODES** (Viz. Obr. 5.7). Ve složce DATA je možno nastavit **DEFAULT** hodnoty jednotlivých veličin s přiřazením počtu míst zobrazení (**DIGITS**) a rozsahu hodnot (**MIN**, **MAX**). Ve složce **NODES** jsou definovány funkce (**KIND**) jednotlivých uzlů vstupních a výstupních veličin, dále umístění uzlu na svorkách modulu (Pos 1...12) a počet fází (**Phases 1/3**). Po uzavření dialogového okna je model připraven použití v prostředí ATPDraw.

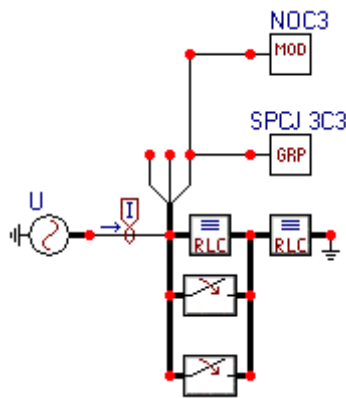


Obr. 5.7 Definování veličin pro MODELS v prostředí ATPDraw

## Porovnání funkce SPCJ 3C3 a NOC3Low

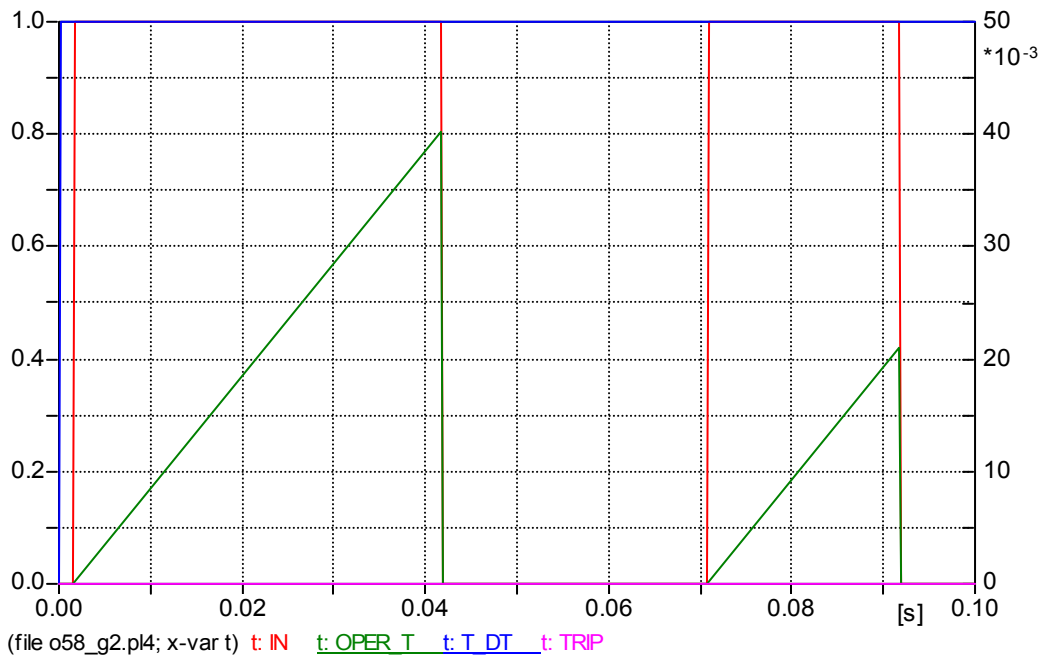
Na základě triviálního schéma na Obr. 5.8 je testována funkce obou ochran. Spínáním zátěže je vytvářen proměnný průběh proudu obvodem a je zkoumána obou ochran. Funkce je zobrazena na následujících obrázcích Obr. 5.9, 5.10 a 5.11. Popis elementů na Obr. 5.8 není důležitý. Obvod je specifikován pouze pro vytvoření vstupního signálu pro obě ochrany. V souladu s Obr. 5.9, 5.10 a 5.11 je vstupní signál IN definován hodnotou TRUE v okamžiku, kdy hodnota testovaného proudu překročí nastavenou hodnotu startovacího stupně a FALSE, jestliže je toto překročení ukončeno.

Parametry IN impulsu jsou následující: šířka prvního pulzu je 40,5 ms, interval mezi pulzy je 29 ms a šířka druhého pulzu je 21,1 ms.



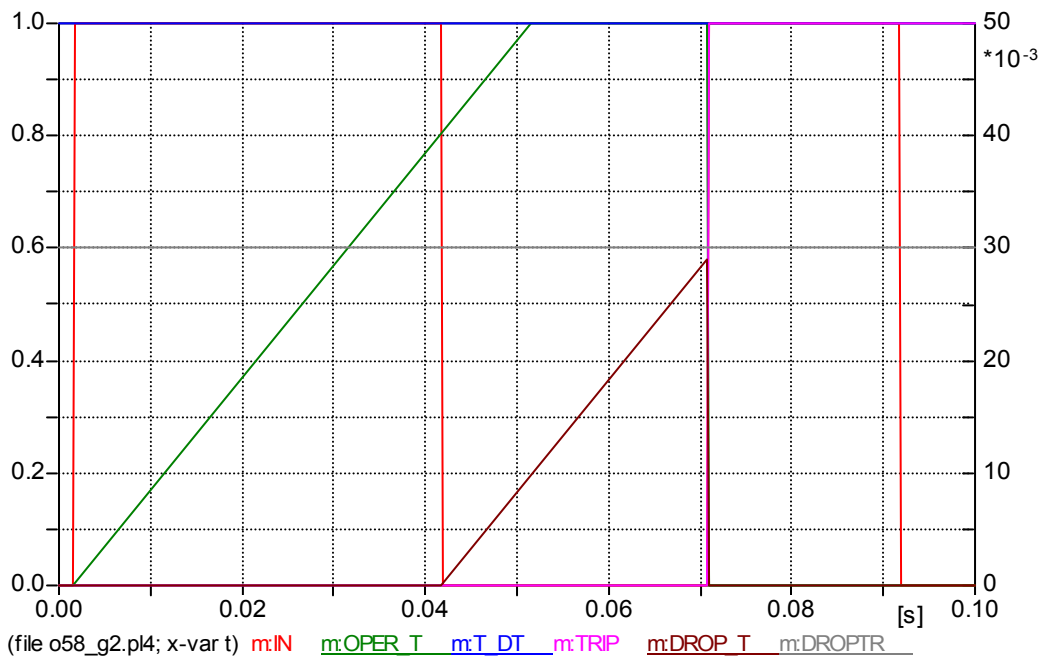
Obr. 5.8 Triviální schéma pro testování ochrany

Funkce stupně NOC3Low (konkrétně funkce opožděného odpadu a čas poklesu v režimu DT-definite time) je demonstrována na Obr. 5.10. Účelem funkce opožděného odpadu (reset) je umožnit rychlé vypnutí občasných poruch, tj. „samočisticích“ poruch izolace a mnoha poruch, které mohou produkovat vysoce asymetrické poruchové proudy, které částečně přesycují proudové transformátory. To je typické pro přechodné proudy, u kterých poruchový proud obsahuje tzv. prodlevové periody, během nichž je proud poruchy pod nastavenou limitní mezí proudu. Bez funkce opožděného odpadu by se DT časovač vynuloval, jakmile proud poklesne. To je zřejmé z Obr. 5.9 pro funkci SPCJ 3C3. DT časovač ( $t_{\text{OPER\_T}}$  na Obr. 5.9) je nulován v okamžiku, kdy poruchový proud poklesne pod startovací hodnotu stupně a vypínací signál není vygenerován jestliže je současně hodnota času DT časovače kratší než nastavené časové zpoždění ochrany ( $t_{\text{T\_DT}}$  na Obr. 5.9). Časové zpoždění ochrany je nastaveno  $T_{\text{DT}} = 50$  ms.

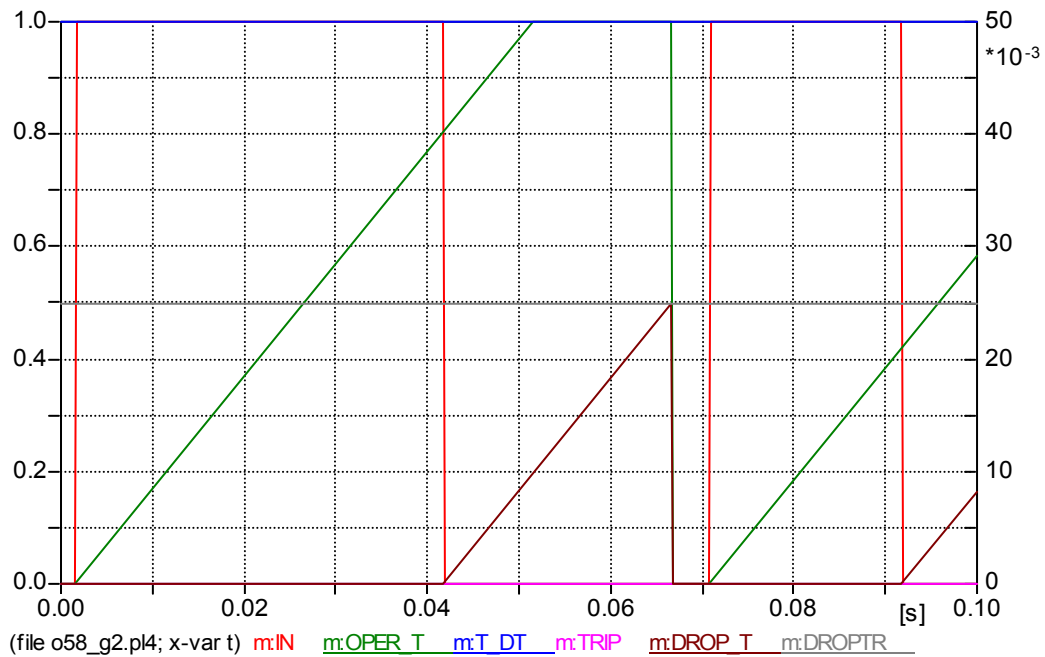


Obr. 5.9 Funkce ochrany SPCJ 3C3

Situace je odlišná v případě funkce NOC3Low (Viz. Obr. 5.10). Pokud naběhne DT časovač, časuje normálně, i když proud poklesne, pokud je skutečná perioda poklesu (m:DROP\_T in ATPDraw) kratší než nastavená doba poklesu (m:DROPTR).



Obr. 5.10 Perioda poklesu je kratší než nastavený čas doby poklesu



Obr. 5.11 Perioda poklesu je delší než nastavený čas doby poklesu

Pokud je perioda poklesu kratší než nastavený čas poklesu a čas DT časovače byl vyčerpán během periody poklesu, je vygenerován vypínací signál, jakmile proud překročí nastavenou mezní hodnotu proudu.

(Viz. Obr. 5.10). Nastavená hodnota doby poklesu je DROPTR = 30 ms.

Pokud je skutečná perioda poklesu delší než nastavený čas, vynuluje se DT časovač po uplynutí nastaveného času. (Viz. Obr. 5.11). Nastavená hodnota doby poklesu je DROPTR = 25 ms