

Specifikace poklesů napětí pomocí programovacího prostředí LabView

Radomír Turča

Pavel Santarius

Katedra měření, FEI, VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 17. listopadu 15,
708 33, Ostrava-Poruba
Radomir.Turca.st@vsb.cz
Pavel.Santarius@vsb.cz

Abstrakt. V tomto článku jsou ukázány charakteristiky různých druhů poklesů napětí a algoritmy pro jejich vyhodnocování. Vyhodnocovací postupy jsou řešeny pomocí programovacího prostředí LabView. Vstupem programu jsou vzorkované data napětí ve třech fázích získané simulací nebo měřením a výstupem jsou charakteristiky jež vedou k výslednému určení typu poklesu napětí.

Klíčová slova: poklesy napětí, nesymetrie, symetrické komponenty, LabView

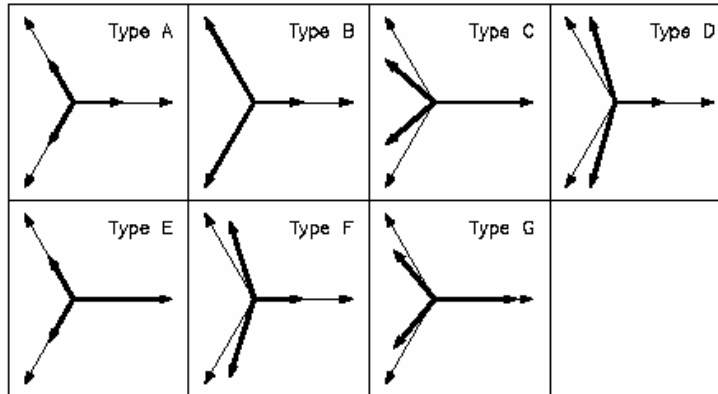
1 Úvod

Poklesy napětí jsou způsobeny chybami v jednotlivých bodech sítě (zkraty) nebo přetíženími. Poklesy napětí jsou všeobecně charakterizovány dvěma parametry: dobou a hloubkou poklesu. Hloubka poklesu se pohybuje v rozmezí 90 – 1 % efektivní hodnoty U_N . Doba poklesu se pohybuje od 0.5 cyklu až do 1 min. Typický pokles napětí trvá 0.5 cyklu až 30 cyklů.

2 Typy poklesů napětí a jejich specifikace

Poklesy rozdělujeme na symetrické a nesymetrické. Mají-li jednotlivá napětí při poklesu stejnou amplitudu a posuv mezi fázemi je 120° jedná se o symetrický pokles. Symetrické poklesy jsou způsobeny třífázovými zkraty, vznikají jako důsledek rozběhů motorů nebo přetížením. Nesymetrické poklesy jsou zapříčiněny jednofázovými, dvoufázovými, dvoufázovými zemními zkraty. Transformátory a jejich zapojení, stejně jako zapojení zátěže (Y, D) mohou měnit druh poklesu napětí. Na obrázku č. 1 jsou ukázány základní druhy poklesů.

Pokles napětí typu A je symetrický. Hloubka poklesu je ve všech třech fázích stejná. Pokles napětí typu B, C, D, E, F, G jsou nesymetrické. Poklesy typu C, D jsou způsobeny jednofázovými a dvoufázovými poruchami. Typy F, G jsou důsledkem dvoufázových zemních spojení, tzn. že dochází i k poklesu v nepostižené fázi. Typy B, E obsahují nulovou složku a jsou velmi zřídka přenášeny přes napěťové úrovně.



Obr. 1. Typy poklesů napětí. Pokles amplitudy 50 %, $V = 0.5$.

Třífázové spotřebiče jsou většinou zapojeny do trojúhelníku nebo do hvězdy bez vyvedení středu. Jednofázové spotřebiče v síti nízkého napětí jsou zapojeny mezi fází a nulovým vodičem, ale počet poklesů napětí, které vznikají v síti nízkého napětí, je malý. Proto většina nesymetrických poklesů napětí na svorkách třífázových spotřebičů je typu C, D, F a G. V dalších postupech se proto omezíme jen na tyto poklesy.

2.1 Specifikace poklesů

Napětí v jednotlivých fázích můžeme vyjádřit pomocí dvou faktorů: charakteristické napětí V a PN-Faktor F (positive-negative faktor), viz. tabulka 1. Charakteristické napětí vyjádřené jako poměrná hodnota se pohybuje v mezích 0–0.9 (pokles napětí), 0.9–1 (normální provoz). PN-Faktor je hodnota blízka jedné ($F=1$ v případě kdy nedochází k poklesu ve zkratem nepostížené fázi) a zohledňuje následné efekty:

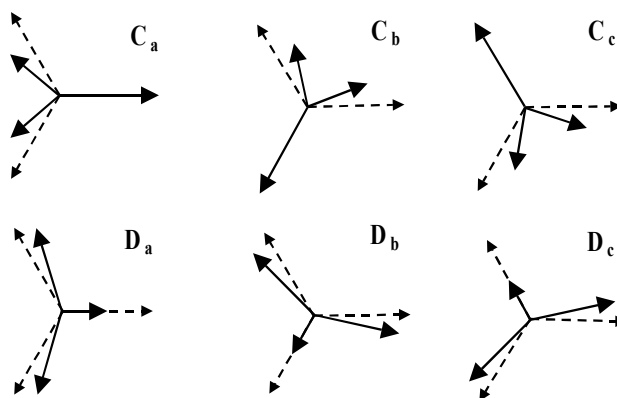
- Impedance sousledného a zpětného systému nejsou zcela totožné. To vede k poklesu napětí i v nepostížené fázi.
- Dvoufázový zemní zkrat vede k relativně velkým poklesům napětí v zkratem nepostížené fázi.
- Snížení rychlosti asynchronních motorů v důsledku poklesu napětí vede k poklesu napájecího napětí. To zapříčiňuje snížení napětí ve všech třech fázích.

2.2 Symetrická fáze

Ke zkratům v soustavě vyvolávající nesymetrické poklesy může docházet v různých fázích, proto zavádíme pojem symetrická fáze a dále pak rozlišujeme, ve kterých fázích došlo k události. Symetrická fáze nám rozšiřuje počet událostí, které mohou nastat, které jsou ukázány na obrázku 2.

Tabulka 1. Specifikace poklesů napětí (v poměrných hodnotách).

Typ poklesu	Vektory napětí	Složkové soustavy
Typ A	$\bar{V}_a = V$ $\bar{V}_b = -\frac{1}{2}V - \frac{1}{2}jV\sqrt{3}$ $\bar{V}_c = -\frac{1}{2}V + \frac{1}{2}jV\sqrt{3}$	$\bar{V}_0 = 0$ $\bar{V}_1 = V$ $\bar{V}_2 = 0$
Typ F Typ C (F=1)	$\bar{V}_a = F$ $\bar{V}_b = -\frac{1}{2}F - \frac{1}{2}jF\sqrt{3}$ $\bar{V}_c = -\frac{1}{2}F + \frac{1}{2}jF\sqrt{3}$	$V = \bar{V}_1 - \bar{V}_2$ $F = \bar{V}_1 + \bar{V}_2$
Typ G Typ D (F=1)	$\bar{V}_a = V$ $\bar{V}_b = -\frac{1}{2}V - \frac{1}{2}jF\sqrt{3}$ $\bar{V}_c = -\frac{1}{2}V + \frac{1}{2}jF\sqrt{3}$	$V = \bar{V}_1 + \bar{V}_2$ $F = \bar{V}_1 - \bar{V}_2$

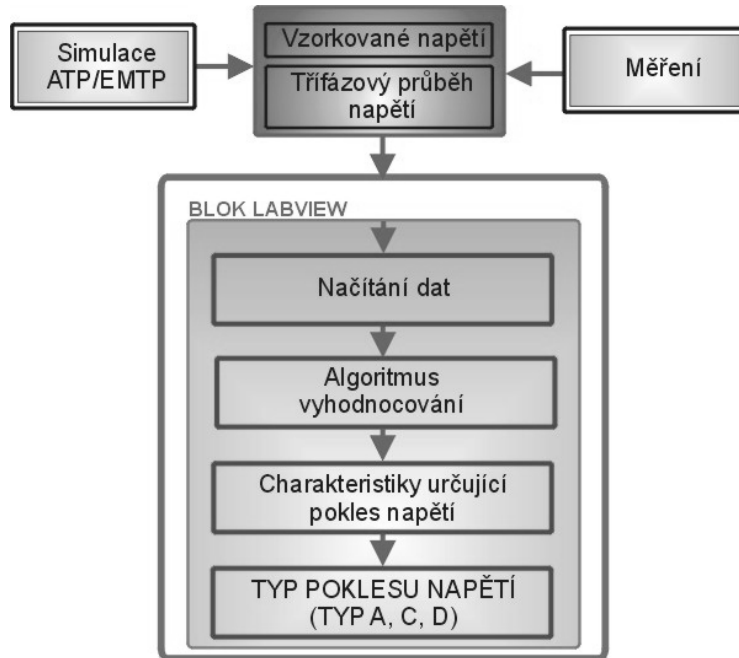


Obr. 2. Symetrická fáze.

3 Zpracování pomocí LabView

Schéma zpracování je uvedeno na obrázku 3. Jako vstupní data do programu „Poklesy“ vytvořeného pomocí programovacího prostředí LabView slouží třífázový vzorkovaný průběh napětí, který je výsledkem simulace v programu ATP/EMTP. V programu ATP/EMTP byla nasimulována část soustavy, ve které byly simulovány různé druhy poruch.

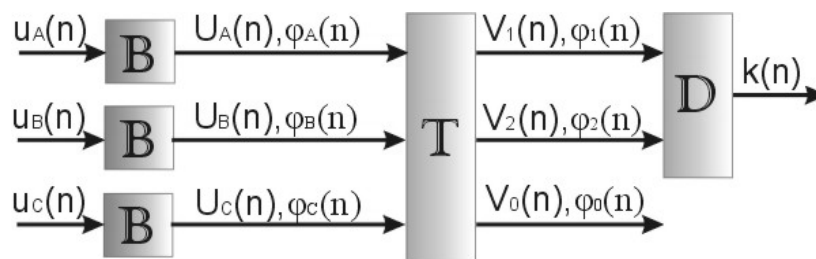
Program „Poklesy“ má zabudované dva algoritmy výpočtu. První algoritmus je založen na metodě *symetrických komponentů* a druhý na metodě *šesti RMS napětí*. Oba algoritmy a jejich výstupy budou následně ukázány.



Obr. 3. Blokové schéma zpracování.

3.1 Algoritmus pracující se symetrickými komponenty

Metoda je založena na vyhodnocování fázového posuvu mezi průběhy sousledné a zpětné složky. Schéma algoritmu je na obrázku 4.



Obr. 4. Schéma algoritmu.

Vstupem je třífázový vzorkovaný průběh napětí. V prvním kroku dochází k vyhodnocování amplitudy a fáze jednotlivých napětí. Ty pak jsou vyhodnocovány v bloku T, který představuje blok transformace na symetrické komponenty. Blok D charakterizuje druh poklesu napětí a je určen následným postupem.

$$k = \text{round} \left(\frac{\text{angle}(\vec{V}_2, 1 - \vec{V}_1) - 30^\circ}{60^\circ} \right) \quad \begin{array}{ll} k=0: \text{typ } C_a & k=1: \text{typ } D_c \\ k=2: \text{typ } C_b & k=3: \text{typ } D_a \\ k=4: \text{typ } C_c & k=5: \text{typ } D_b \end{array}$$

3.2 Algoritmus pracující se šesti RMS napětími

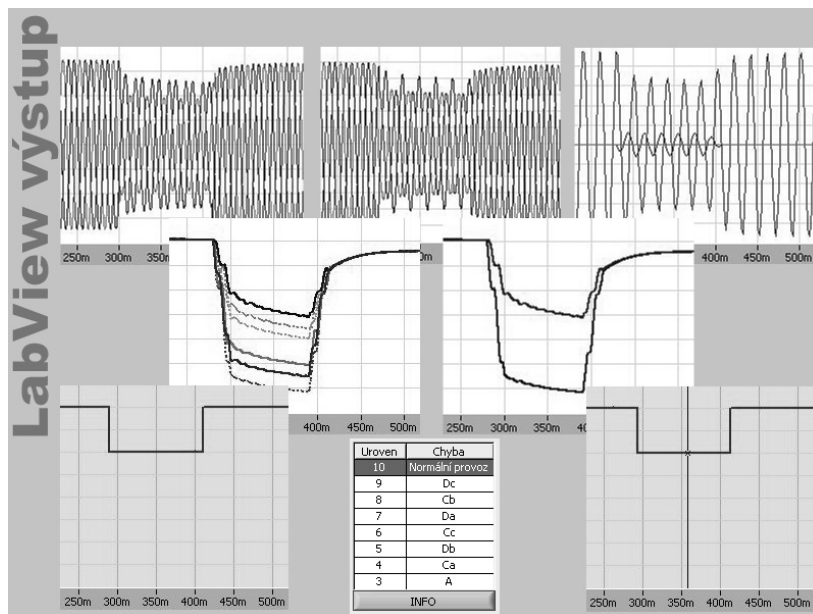
Tato metoda slouží k vyhodnocování poklesů typu C a D. Využívá následujících vlastností poklesů: u typu C je charakteristické napětí nejmenší sdružené napětí a PN-Faktor největší fázové napětí. U typu D je charakteristické napětí nejmenší fázové napětí a PN-Faktor největší sdružené napětí.

Vyhodnocení je provedeno následným způsobem. Určíme průběhy efektivních hodnot fázových napětí (bez nulové složky) a sdružených napětí. Efektivní hodnoty sdružených napětí kvůli porovnávání dělíme odmocninou ze tří. Tak získáme šest průběhů a určíme nejvyšší napětí (PN-Faktor F) a nejnižší napětí (charakteristické napětí V). Jako poslední krok vyhodnotíme pokles napětí, který je dán tabulkou 2.

Tabulka 2. Specifikace typu poklesu.

Typ poklesu	Maximum (F)	Minimum (V)
C_a	U_a	U'_{bc}
C_b	U_b	U'_{ca}
C_c	U_c	U'_{ab}
D_a	U'_{bc}	U_a
D_b	U'_{ca}	U_b
D_c	U'_{ab}	U_c

4 Příklady výstupů zpracovaných dat



Obr. 5. Příklady grafických výstupů z programu „Poklesy“.

Výstupem programu pro zpracování poklesů napětí jsou: časové průběhy fázového a sdruženého napětí, dále pak výstupem bloku metody složkových soustav je průběh amplitudy a fáze, průběh sousledné, zpětné a nulové složky a průběh typu poklesu napětí vyhodnoceného touto metodou. Výstupem bloku metody šesti RMS napětí je průběh efektivních hodnot 6 napětí, průběh charakteristického napětí a PN-Faktoru a výsledný průběh typu poklesu napětí vyhodnoceného touto metodou. Výstupy jsou orientačně ukázány na obrázku 5. V programu „Poklesy“ je také zabudován modul HTML-Report, který požadované grafy a data zpracovává do reportu v HTML formátu.

5 Závěr

Poklesy napětí jsou jedním z parametrů kvality dodávky elektrické energie. K rozboru těchto událostí nestačí mít jen informaci o hloubce poklesu a délce trvání (parametry vhodné ke statistickému vyhodnocování, získávané různými síťovými registrátory poklesů), ale vhodné vzorkované časové průběhy. Detailním rozбором těchto průběhů můžeme určit druh poklesu napětí, můžeme stanovit jeho charakter při přenosu do nižších napětíových hladin. Se znalostí průběhu složkových soustav při nesymetrických poklesech napětí je možné určit výsledný tvar poklesu přeneseného přes transformátory různých skupin zapojení.

Reference

1. IEEE P1564. Voltage Sag Indicie – Draft 2. Working document for IEEE P1564. November 2001.
2. Bollen, Zhang. A method for characterization of three-phase unbalanced dips from recorded voltage wave shapes. IEEE P1564. January 2000.

Annotation.

Specification of voltage sags by the help of programming environment LabView

A voltage sag is a short duration (0.5-60 cycles) decrease in the rms voltage magnitude, usually caused by a fault somewhere on the power system. This article show a methods for characterization of three-phase voltage dips, method based on symmetrical components and method based on six rms voltages.