

Význam měření mimořádných jevů na nn napětí transformátorů

Ladislav POSPÍCHAL, Antonín KUBEŠ

1. Úvod

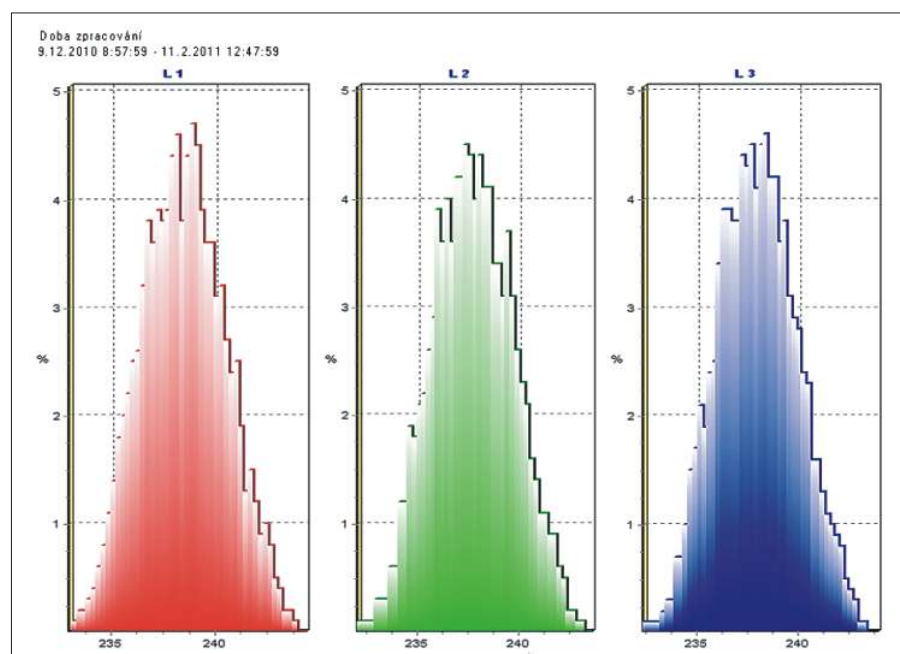
Kontinuální měření elektrických veličin na sekundárním vinutí transformátoru vn/nn umožňuje i registraci jednorázových náhodných jevů, které mohou nepříznivě ovlivnit jak funkci napájených spotřebičů, tak i energetických zařízení distributora. Záznamem těchto náhodných jevů se prokáže jejich existence a usnadní identifikace příčin jejich vzniku. To umožní realizaci preventivních opatření, která zabrání vzniku havarijních situací.

Tento příspěvek se zabývá technickou stránkou výše uvedené problematiky, při využití dat změřených ve spolupráci s ČEZ

Distribuce, a. s., v distribučních transformačních stanicích univerzálními monitory MEG40 [1] v rámci projektu MPO č. FR-TI1/075 „Aplikovaný výzkum a vývoj systémů dálkového měření kvality dodávky elektrické energie“.

2. Příklady záznamů mimořádných jevů

Z histogramu fázových napětí na sekundární straně transformátoru, vyhodnoceného za celou dobu měření, tj. od 9. 12. 2010 do 11. 2. 2011, na **obr. 1** není zřejmý výskyt jakéhokoliv mimořádného jevu na nn napětí měřeného transformátoru.



Obr. 1. Histogram napětí za celou dobu měření

Tab. 1. Záznam událostí ze dne 19. 1. 2011

Počátek	Doba	U L1 [V]	U L2 [V]	U L3 [V]	I L1 [A]	I L2 [A]	I L3 [A]
		MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX
19. 1. 2011 10:04:55,57	00:08:12,430	0,0/228,5	0,0/224,4	0,0/247,6	-/-	-/-	-/-
19. 1. 2011 12:23:02,34	00:00:00,050	206,6/208,2	204,7/206,8	205,2/207,4	32,2/35,5	32,7/38,3	34,3/36,9

Tab. 2. Tabulka přerušeni napětí

Počátek	Doba	U L1 [V]	U L2 [V]	U L3 [V]	I L1 [A]	I L2 [A]	I L3 [A]
		MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX
7. 12. 2010 21:45:07,960	07:31:22,290	0,0/255,7	0,0/250,3	0,0/246,7	-0,0/937,7	-0,0/914,6	0,0/993,0
8. 12. 2010 5:16:36,000	00:10:58,000	0,0/244,3	0,0/244,2	0,0/242,7	-/-	-/-	-/-
19. 1. 2011 10:04:43,620	00:03:57,380	0,0/248,4	0,0/238,0	0,0/229,2	-/-	-/-	-/-

Ze záznamu událostí na napětí v souladu se standardem ČSN EN 50160 jsou v **tab. 1** zaznamenány dvě události na napětí. První událost nastala v 10 h 04 min 55,57 s a trvala 8 min 12,43 s. Jednalo se o přerušeni napětí, protože všechna tři fázová napětí klesla pod 5 % U_{jm} .

Druhá zaznamenaná událost na napětí se rovněž vyskytla na všech třech fázových napětích. Její začátek byl ve 12 h 23 min 2,34 s a měla dobu trvání 50 ms. Napětí klouzavé periody U_{rms} 1/2 ve všech třech fázích klesla na 206,6 V, 204,7 V a 205,6 V, tj. pod 90 % $U_{jm} = 207,0$ V. Jednalo se tedy o pokles napětí. Minimální 200 ms napětí na **obr. 2** v pětiminutovém intervalu od 12 h 18 min do 12 h 23 min však byla 225,6 V, 224,7 V a 225,0 V a průměrná napětí v uvedeném pětiminutovém intervalu byla 238,8 V, 238,0 V a 238,5 V. Klouzavý periodový fázový proud v průběhu trvání poklesu se ve fázi L1 pohyboval od 32,2 A do 35,5 A, ve fázi L2 od 32,7 A do 38,3 A a ve fázi L3 od 34,3 A do 36,9 A, přičemž průměrné pětiminutové proudy byly 32,5 A, 39,8 A a 33,3 A. Z uvedených údajů je zřejmé, že pokles napětí nebyl vyvolán zvýšením odebraného proudu. Byl tedy způsoben událostí na vyšší napěťové hladině, která se transformovala na sekundární stranu transformátoru.

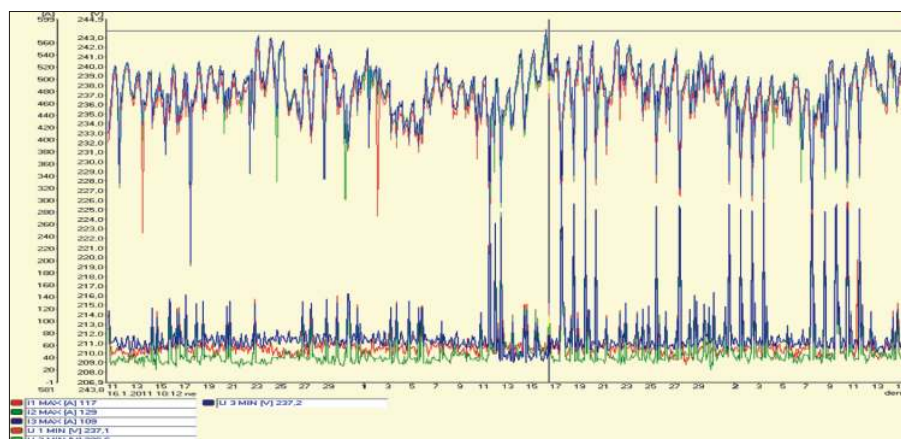
Třetí mimořádný jev, viz **obr. 2**, byl zaznamenan v pětiminutovém intervalu od 16 h 58 min do 17 h 03 min, kdy 200 ms maxima proudů vzrostla ze 37 A, 48 A a 39 A na 92 A, 96 A a 89 A a 200 ms minima napětí poklesla z 238,3 V, 237,4 V a 237,6 V na 237,1 V, 236,6 V a 236,9 V. Při průměrném vzrůstu fázových proudů o 50 A poklesla fázová napětí v průměru o 0,9 V. Tento mimořádný jev byl vyvolán změnou proudu-

vého odběru a ve standardu ČSN EN 50160 je deklarován jako rychlá změna napětí. Třetí mimořádný jev není v tab. 2 vyhodnocen jako událost na napětí, nemá vliv na chod nn sítě.



Obr. 2. Tři typy mimořádných jevů na napětí dne 19. 1. 2011

Na chod napájené nn sítě mají vliv mimořádné jevy neperiodicky se opakující v pracovních dnech, zobrazené na obr. 3. Z detailu ze 17. 1. 2011, viz obr. 4, je vidět, jak se v důsledku zvýšení fázového 200 ms proudu na 380 A, zřejmě při zapnutí spotřebiče, snížila 200 ms fázová napětí z 236 V na 222 V. Protože se jedná o snížení napětí na



Obr. 3. Proudové rázy v pracovní dny



Obr. 4. Detail záznamu vybraného jevu

transformátoru, je reálný předpoklad mimotolerantního poklesu napětí v elektricky blízkém okolí hledaného spotřebiče.

Pro jeho identifikaci lze využít skutečnost, že po připojení spotřebiče se průměrný fázový proud zvýší ze $(35+18+41)/3=31,3$ A na $(77+61+73)/3=70,3$ A, tj. o 39 A. Na typ připínaného spotřebiče lze usoudit ze změny účinníku odebírané energie, která má před připnutím kapacitní charakter a po připnutí charakter induktivní. Zřejmě se připíná motor o výkonu cca 27 kW (obr. 3, 4).

Další příklad mimořádného jevu je zobrazen na obr. 5. Jedná se o proudový ráz, který byl zaznamenán dne 19. 1. 2011 v 10 h 06 min 39 s po přerušení napětí s dobou trvání 3 min 57,38 s. Proudový náraz po obnovení napájení vyjádřený 200 ms proudem přesáhl ve všech třech fázích hodnotu 700 A a projevil se přechodným snížením fázových napětí na 225 V oproti ustálené hodnotě 239 V. Ustálená hodnota fázových proudů byla cca 180A.

Vedle popsaného přerušení napětí byla v místě měření za celou dobu měření od 24. 11. 2010 do 3. 2. 2011 zaznamenána ještě další dvě přerušení a to 7. 12. 2010 ve 21 h 45 min 7,96 s a 8. 12. 2010 v 10 h 04 min 43,62 s, viz tab. 2.

Záznam zkratu v napájené nn síti je uveden na obr. 6. 200 ms průměrné hodnoty fázových proudů jsou při zkratu od 627 A do 756 A a tomu odpovídající minimální 200 ms fázová napětí klesla z 242 V na 225 V. Nicméně napětí $U_{rms} 1/2$ poklesla až na 195 V a proudy $I_{rms} 1/2$ vzrostly nejméně na 950A.

3. Využití informací o mimořádných jevech

3.1 Přerušení napětí

Poruchová přerušení napájecího napětí na sekundární straně transformátoru vn/nn se dle kvality napětí dělí na krátká s dobou trvání do 3 min (1 min) a dlouhá. Příčinou přerušení napětí je obvykle zkrat nebo porucha zařízení. Přerušení napájecího napětí postihuje všechny napájené spotřebiče, přičemž ne ve všech případech lze jeho vliv eliminovat zdroji zajištěného napájení. I pro správné dimenzování zdrojů zajištěného napájení jsou třeba informace o četnosti, rozložení doby trvání, počtech přerušení ve sluchách. Užitečná může být i závislost statistik přerušení na ročním období. Pro dodavatele elektřiny je účelná informace o souhrnné době trvání přerušení spojená s nedodávkou elektřiny a o počtu postižených zákazníků. Statistické informace z rozborů jednotlivých poruch

umožní hodnocení organizace a efektivnosti poruchové služby. Lze je využít i k vytyčování poruch na vn vedení.

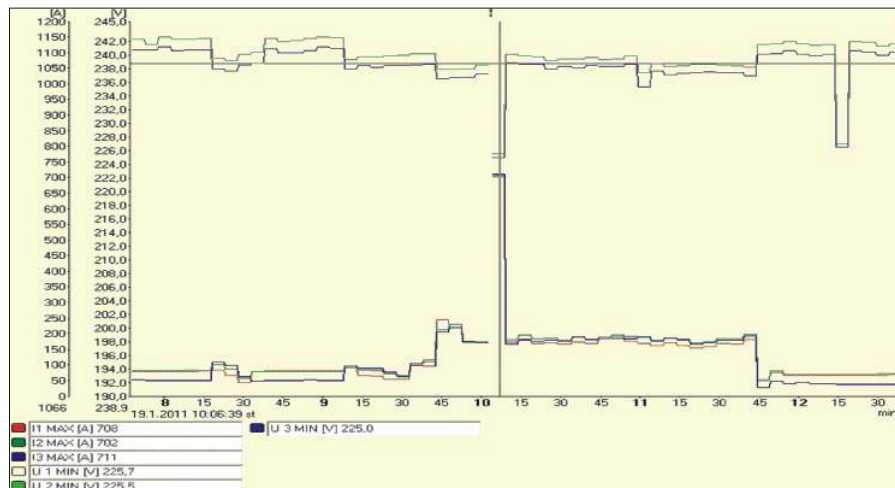
3.2 Poklesy a zvýšení napětí

Závažnost zbytkového napětí a doby trvání poklesu napětí na funkci spotřebiče popisují standardy elektromagnetické kompatibility ČSN EN 50160,ed.3 a ČSN EN 61000-4-30,ed.2. Spotřebiče třídy 2 připojené ke společnému napájecímu bodu (PCC point of common coupling) by měly na hladině nn zvládnout poklesy charakterizované zbytkovým napětím 70 % U_{jm} a dobou trvání do 500 ms. Spotřebiče třídy 3 v průmyslových prostředích a podnikových sítích s převážnou částí zatížení napájeného přes měniče nebo s provozem svářeček nebo četnými rozběhy velkých motorů nebo s rychle se měnícím zatížením by měly zvládnout poklesy se zbytkovým napětím vyšším než 40 % U_{jm} a dobou trvání do 200 ms, poklesy se zbytkovým napětím vyšším než 70 % U_{jm} a dobou trvání do 500 ms a poklesy se zbytkovým napětím vyšším než 80 % U_{jm} a dobou trvání do 5 s.

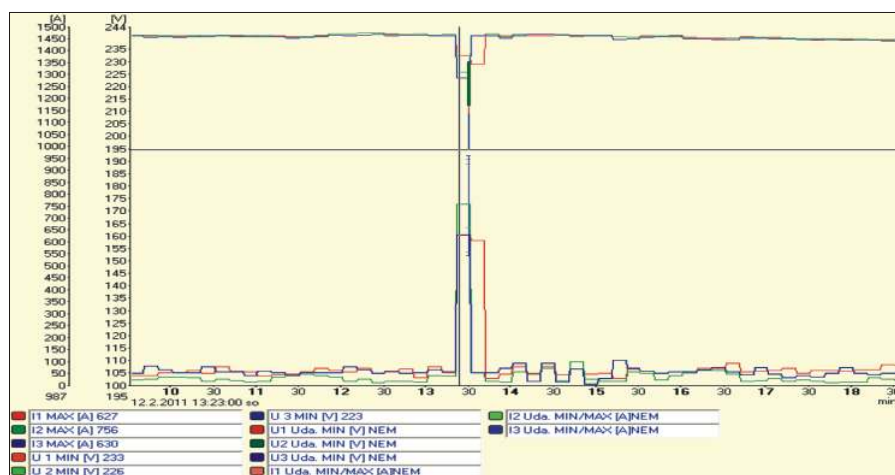
U poklesů transformovaných z vyšších napěťových hladin, změřených na sekundární straně transformátoru vn/nn je nutné počítat podél nn vedení i s úbytky napětí, které jsou v relaci s úbytky napětí podél nn vedení při standardních provozních podmínkách. Při zkratu v nn síti je hloubka poklesu napětí podél nn vedení úměrná velikosti zkratového proudu. Z uvedeného důvodu je třeba měřit i maximální hodnoty fázových proudů na sekundární straně transformátoru vn/nn.

3.3 Měření hodnot rozběhových a zkratových proudů

Měření hodnot proudových rázů při zapínání a zkratových proudů je účelné nejen pro ohodnocení rozsahu a počtu postižených zákazníků, ale i k identifikaci nekompatibilních spotřebičů v dané nn síti a krátkodobého namáhání prvků nn sítě. U sítí s četnými těžkými rozběhy motorů a výskytem velkých zkratových proudů umožňuje jejich změření následného zjištění a odstranění příčin vzniku. Prospěšné může být i přizpůsobení revizí transformátorů a dalších prvků daných sítí skutečně zjištěným podmínkám.



Obr. 5. Proudový ráz po obnově napájení



Obr. 6. Zkrat v DTS 102115_CL-0738

4. Závěr

Průměrná a zprůměrovaná hodnocení kvality napětí jsou jistě správná pro posouzení výkonových parametrů konfigurace sítě, jejich prvků i spotřebičů. V sítích se však vyskytují také náhodné nebo řídké se opakující a z pohledu statistiky nevýznamné jevy, které mají vliv na provoz energetických sítí i spotřebičů a jsou nezbytnou složkou informací potřebných pro řízení sítí. Proto je nutné i tyto jevy monitorovat a z jejich záznamů analyzovat příčiny jejich vzniku a hodnotit jejich vliv na chod sítí.

[1] Uživatelský popis univerzálního monitoru MEg40, www.e-mega.cz

Doc. Ing. Ladislav Pospíchal, CSc. – ve společnosti MEgA řídí a organizuje vývoj a výrobu měřících a komunikačních zařízení pro energetiku.

Antonín Kubeš – ve společnosti MEgA pracuje jako technik vývoje SW.

IEA varuje před katastrofickými klimatickými změnami

„Nejvyšší uhlíkové emise v historii přivádějí klima na pokraj kolapsu,“ zní 30. května titulky listu *The Guardian*, který přináší dosud nezveřejněné odhady Mezinárodní agentura pro energii (IEA), podle kterých „emise skleníkových plynů v minulém roce rekordně vzrostly a dosáhly tak nejvyššího objemu uhlíkových plynů v historii“. Podle mezivládní agentury se sídlem v Paříži bylo v roce 2010 „do atmosféry vypuštěno rekordních 30,6 gigaton oxidu uhličitého, převážně následkem spotřeby fosilních

paliv – jde o zvýšení o 1,6 Gt ve srovnání s rokem 2009“. Tento „šokující nárůst“ „maří naděje na udržení globálních klimatických změn v bezpečných mezích“, píše *The Guardian*. Podle odhadů jednoho z odborníků London School of Economics nyní existuje 50% šance, že průměrné globální teploty vzrostou do roku 2100 o více než 4 stupně Celsia. „Takové oteplení by narušilo životy a životy stovek milionů lidí po celém světě a vyvolalo by rozsáhlé přesuny obyvatelstva a konflikty. Podobné riziko by se měl každý soudný člověk pokusit snížit“, dodal.