

Definice výkonů v elektrické síti a jejich praktické aplikace

Bc. Leoš Kukačka, Ing. Jan Kraus, Ph.D.

Abstrakt

Článek prezentuje diplomovou práci, která se zabývá moderními definicemi elektrického výkonu v netriviálních podmínkách rozvodné sítě. Je pokryta většina významných teorií, z nichž každá nabízí odlišný přístup k definici činného a zdánlivého výkonu, popř. deformačních výkonů.

Výpočty podle těchto přístupů jsou dále implementovány. Vzniklá sada skriptů umožňuje provádět offline analýzu reálně naměřených oscilogramů podle libovolné teorie, a výsledky výpočtů graficky zobrazit.

Byla provedena reálná měření běžných kancelářských spotřebičů v různých režimech činnosti. Měření zahrnují jednak přechodové jevy, jednak ustálené stavy chodu těchto spotřebičů. Některá (především třífázová) měření pokrývají odběr více spotřebičů, kde jsou patrné přechodové jevy sepnutí jednoho z nich.

Úvod

Práce se zabývá moderními popisy dějů v elektrické síti za neideálních podmínek. Tyto zahrnují především vzájemný fázový posun napětí a proudu, harmonické znečištění a napěťovou nesymetrii. Všechny tyto jevy se staví proti ideálnímu přenosu elektrické energie a přispívají k nadměrnému zatěžování rozvodné sítě.

Je zahrnuta především norma IEEE 1459-2010 [1] a tzv. CPC teorie [2]. Tyto dva způsoby definic používají Fourierovu transformaci, jsou proto vhodné pro řešení ustálených stavů, při analýze velmi rychlých přechodových jevů selhávají. Dále byly implementovány teorie které FT nepoužívají, a jsou proto vhodné k analýze těchto situací. Souhrnně jsou označovány jako Instantaneous Reactive Power Theories, jedná se zejména o tzv. p-q teorii [3], p-q-r teorii [4], a dále zobecněnou teorii okamžitého jalového výkonu (GIRP) [5]. Jako spíše experimentální byl implementován přístup, využívající komplexní waveletovou transformaci. CWT umožňuje definovat okamžitý činný a jalový výkon podobným způsobem, jako GIRP. Některé tyto teorie jsou z nejrůznějších důvodů vhodné pouze k analýze jednofázových obvodů, jiné jsou použitelné pouze na třífázové (čtyřvodičové) systémy.

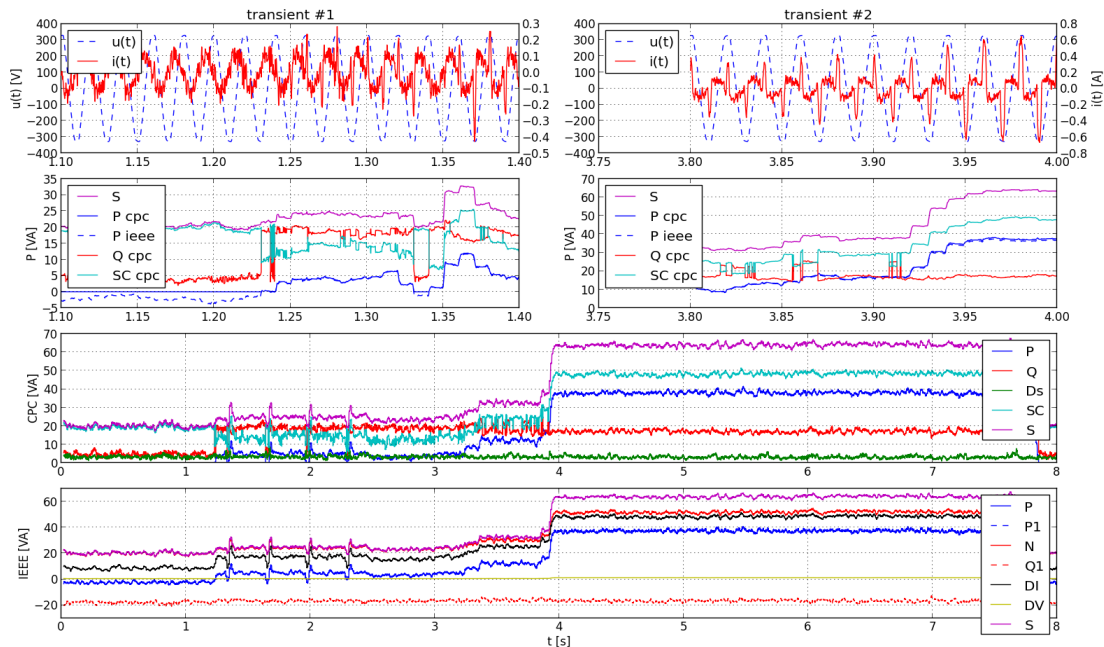
Experiment a metody

K implementaci výše zmíněných definic byl vybrán jazyk Python pro svou snadnou přenositelnost mezi platformami. K provádění složitějších matematických operací byla použita knihovna NumPy. Velká část vytvořených skriptů se věnuje generování grafického výstupu, který je vytvářen pomocí knihovny Matplotlib.

Reálná data k analýze byla brána z několika provedených experimentů anebo z dlouhodobých měření na místech zajímavých z hlediska sledování kvality elektrické energie. Předně byly analyzovány příkony běžných kancelářských spotřebičů. Byl proveden experiment se spouštěním většího množství osobních počítačů a výbojek. Vzorkovací perioda napětí i proudu byla $F_s = 6400 \text{ Hz}$ (128 vzorků na fundamentální periodu při síťové frekvenci $f = 50 \text{ Hz}$). Data ze zmíněných experimentů byla analyzována na clusteru Hydra, a následně byl z některých vhodných výsledků vygenerován grafický výstup.

Výsledky a diskuze

Obrázek č. 1 zobrazuje analýzu příkonu PC monitoru pomocí IEEE a CPC teorií. V přiblížení jsou dva přechodové jevy (včetně původních oscilogramů), jeden při přechodu z warm-up fáze do plného provozu. Na obrázku jsou patrné některé specifické rysy zobrazených teorií. V prvním přechodovém jevu je patrná odlišnost činného výkonu u IEEE a CPC.



Obrázek 1. Ukázka analýzy zapnutí PC monitoru pomocí IEEE definic a CPC teorie

Závěr

Výstupem práce je sada skriptů, která umožňuje provést analýzu surových oscilogramů podle libovolné definice. Další sada skriptů umožňuje grafickou interpretaci získaných veličin. Funkce skriptů byla ověřena na datech, získaných z reálných měření jak jednofázových, tak třífázových systémů. Hlavním cílem práce je možnost analýzy dějů ve větších elektrických rozvodech, z provedených experimentů lze také usuzovat na činnost jednotlivých spotřebičů a na různé vlastnosti jednotlivých teorií. Do budoucna lze počítat s implementací výpočtů přímo do měřicích systémů fy. KMB systems, s.r.o. Další využití je možné nalézt v hloubkové analýze dat měření kvality elektrické energie.

Reference

- [1] IEEE Power and Energy Society, *IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions*, 2010
- [2] Czarnecki L. S.: *Current's Physical Components (CPC) Concept: a Fundamental of Power Theory*, Louisiana State University, 2008
- [3] Akagi H., Kanazawa Y., Nabae A.: *Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three-Phase Circuits*, International Power Electronics Conference, Japonsko, 1983
- [4] Akagi H., Kim H.: *The Instantaneous Power Theory on the Rotating p-q-r Reference Frame*, IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, Hong Kong, 1999
- [5] Peng F. Z., Lai J.-S.: *Generalized Instantaneous Reactive Power Theory for Three-Phase Power Systems*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1996