

Vývoj software pro hodnocení schopnosti přechodu města do ostrovního provozu

Václav Mužík, Zdeněk Vostracký
Katedra elektroenergetiky a ekologie
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
vmuzik@kee.zcu.cz, zdenekv@kee.zcu.cz

Software development for calculation of island operation possibility in city of Pilsen

Abstract – The following paper contains a brief description of current state of software development for calculation of island operation possibility in city of Pilsen. This software is based on MATLAB frequency stability simulations and is developed in MATLAB AppDesigner environment. Runtime of this software load real measurements from year 2014 of transformers in 110 kV / 22 kV substations and also measurements of the generation in Pilsen. Due to confidential data, only examples of possible results are shown.

Keywords – System stability; island operation; frequency stability; software development; distribution system

I. ÚVOD

Tento článek pojednává o vývoji softwaru pro hodnocení možnosti ostrovního provozu města Plzně. Úkolem softwaru je načíst reálná měření z transformátorů 110 / 22 kV, upravit tato data do výsledné podoby a provést základní výpočet pro ustálenou hodnotu systémového parametru ostrova – frekvence a zároveň i vypočítat průběh přechodového děje v průběhu primárního regulačního děje v neregulované soustavě. Pokud je hodnota velikosti výsledné frekvence ustáleného stavu větší než jednotlivé frekvenční meze, software uživatele upozorní, že je město pro danou minutu roku schopno přejít do ostrovního provozu. Metodika hodnocení z hlediska frekvenčních mezí byla převzata z hodnocení provozu podobným způsobem společností ČEPS a.s. (tj. semafor, viz později).

II. HODNOCENÍ MOŽNOSTI OSTROVNÍHO PROVOZU

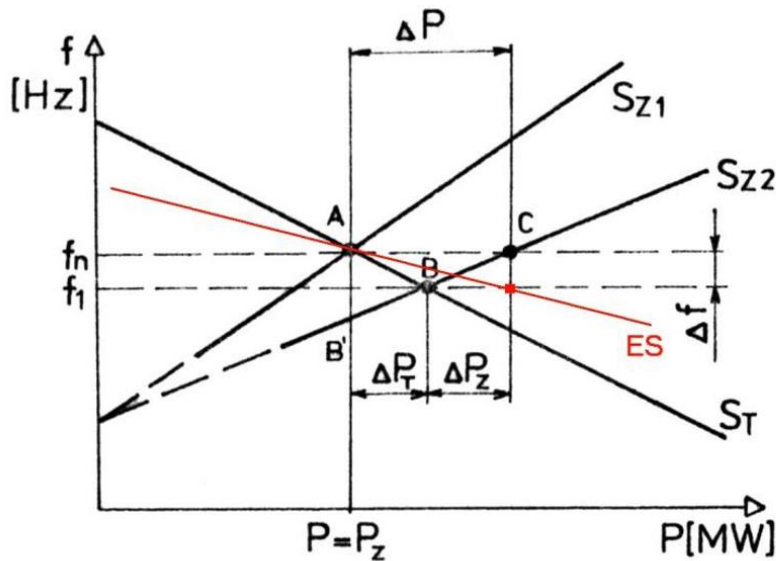
Jak již bylo popsáno v předchozím příspěvku [1], prioritou je při přechodu do ostrovního provozu udržení bilance činných výkonů, s čímž je spojena velikost frekvence, která je na změně velikosti rozdílu mezi spotřebou a výrobou elektrické energie závislá dle následujícího vztahu. Velikost změny frekvence lze pro potřeby tohoto článku odvodit například z upravené pohybové rovnice soustrojí:

$$\frac{T_M \cdot S_{NG}}{f_n} \cdot \frac{df}{dt} = P_T - P_E = \Delta P \text{ [MW]} \quad (1)$$

kde T_M reprezentuje mechanickou časovou konstantu soustrojí, S_{NG} zdánlivý elektrický výkon soustrojí, f_n vyjadřuje síťovou frekvenci 50 Hz a df/dt vyjadřuje změnu

velikosti frekvence v čase. Na pravé straně rovnice je poté rozdíl mezi elektrickým výkonem na svorkách generátoru a zapojeným zatížením v dané elektrizační soustavě (v tomto případě například ostrov města Plzně). Souhrnně je tento rozdíl výkonů nazýván saldem ostrova a značen jako ΔP . [2]

Pro výpočet ustálené hodnoty velikosti frekvence lze využít teorie řízení neregulované elektrizační soustavy. Na následujícím obrázku je vyobrazena kombinovaná frekvenční charakteristika, s jejíž pomocí lze nalézt výslednou hodnotu velikosti frekvence při známé velikosti salda. Charakteristika je kombinací statické frekvenční charakteristiky zdrojů a zatížení (uvažuje i vliv samoregulace na straně zatížení).



Obrázek I. Kombinovaná statická frekvenční charakteristika elektrizační soustavy [3]

Při znalosti velikosti výkonového čísla elektrizační soustavy K_{ES} lze tedy chování popsat následujícím vztahem:

$$K_{ES} = \frac{\Delta P}{\Delta f} \text{ [MW/Hz]} \quad (2)$$

Pro úplnost je nutné uvést, že výkonové číslo K_{ES} je součtem K_G - výkonového čísla zdrojů a K_Z - výkonového čísla zatížení.

Při znalosti průběhu frekvence při zmíněném primárním regulačním ději je nutné určit frekvenční meze, pro které je přechod do ostrovního provozu reálný a především bezpečný. V případě poklesu frekvence pod hranici 49,8 Hz dochází při standardním provozu k automatickému odpojení od elektrizační soustavy ve většině případů tepelných zdrojů elektrické energie, pokud není aktivován režim ostrovního provozu s otáčkovou regulací. V případě, že dojde k aktivaci otáčkové regulace, další frekvenční mezí, která odstává zdroj od zbytku elektrizační soustavy, se pohybuje mezi 47 – 48 Hz dle typu elektrárny (VE, PVE, JE, uhelné apod.). [4]

V rozmezí 49,8 – 47,5 Hz (v případě Plzně) se však nachází ještě další ochranný mechanismus a tím je plán frekvenčního odlehčení, kdy dochází k automatickému odpojování části zatížení za účelem zabránění dalšího poklesu frekvence.

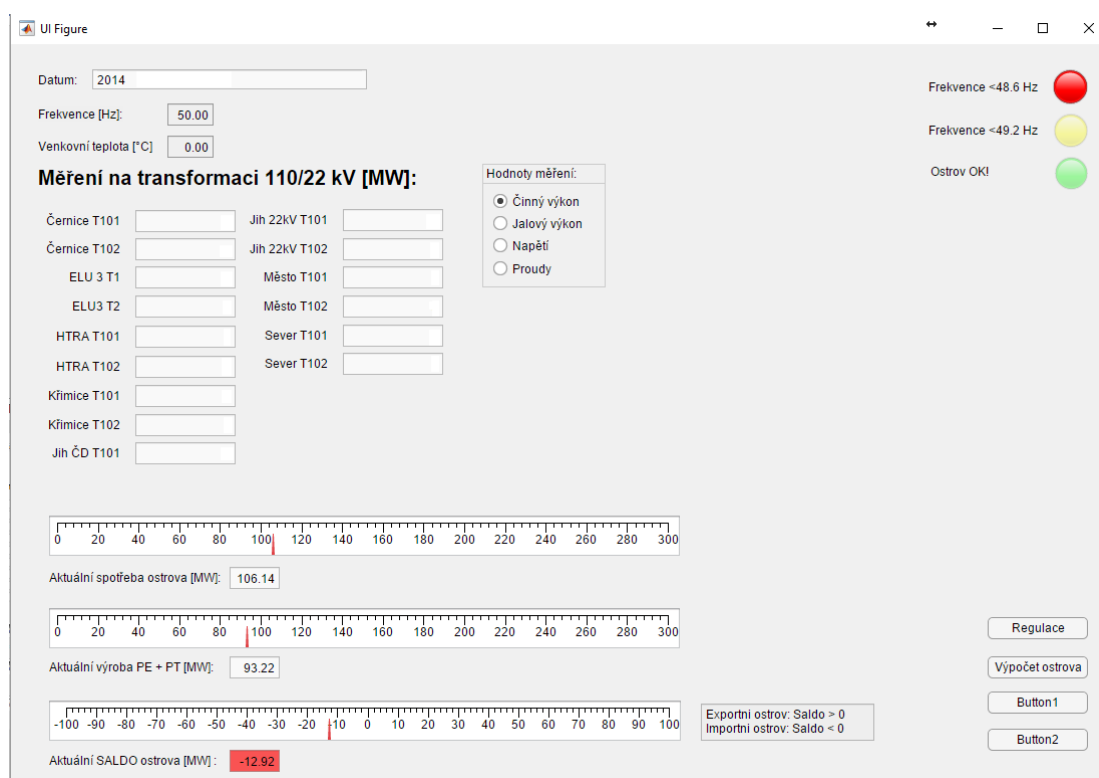
Frekvenční odlehčení je aktivováno ve 4 stupních v mezích 49,0 – 48,1 Hz v celkové velikosti odlehčené zátěže 50%. V literatuře (viz [2]) je běžné uvažovat jako dostatečnou bezpečnostní mez před působením automatik frekvenčního odlehčení frekvenci rovnou 49,2 Hz. Vezmou-li se v potaz všechny frekvenční meze, které byly zmíněny výše, návrh pro hodnocení možnosti přechodu do ostrovního provozu z hlediska frekvenční stability vypadá z hlediska frekvenčních mezí při poklesu frekvence následovně:

TABULKA I. FREKVENČNÍ MEZE PRO HODNOCENÍ STABILITY PŘECHODU DO OP

1. Mez	49,8 Hz	Pokles pod normovou f
2. Mez	49,2 Hz	Dosáhnutí bezpečnostní meze
3. – 6. Mez	49,0 – 48,1 Hz	Aktivace stupňů FO
7. Mez	47,5 Hz	Automatické odpojení zdroje

Pozn.: Horní frekvenční mez pro odpojení je stanovena (Plzeň) na 53 Hz. [4]

III. SOFTWARE

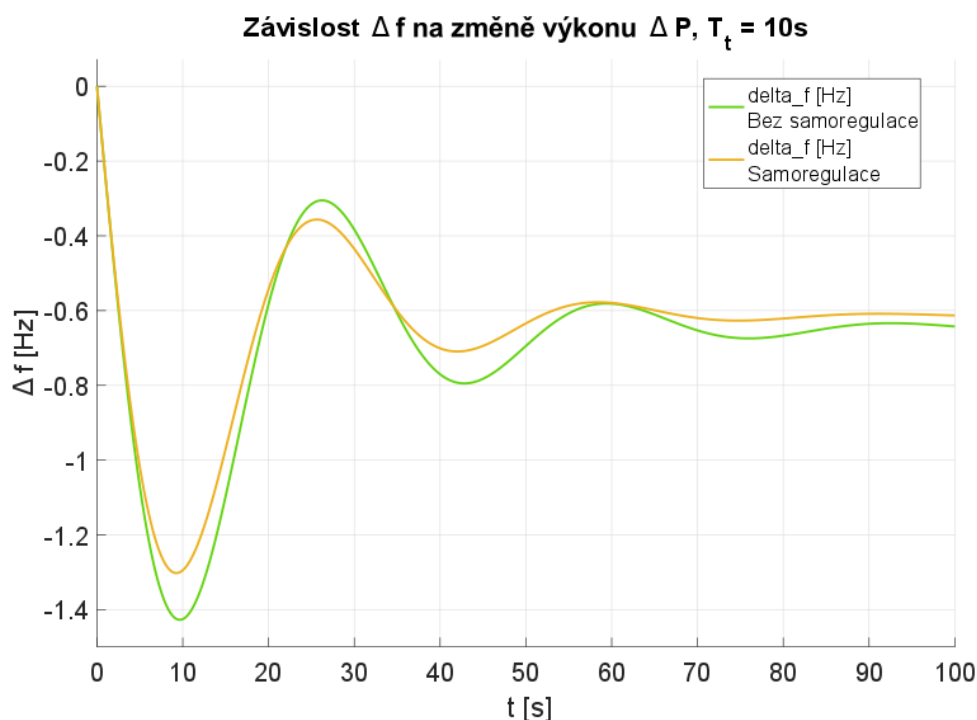


Obrázek II. GUI vyvíjeného SW pro hodnocení možnosti ostrovního provozu

Software je v současnosti syntézou simulace primárního regulačního děje v prostředí Simulink a výpočtů ustáleného stavu ve vývojovém prostředí MATLAB AppDesigner. Všechny funkce jsou dostupné přímo ze software. Z důvodu úspory místa je vybrán případ, kdy se v dané minutě roku 2014 (datum a hodnoty měření smazány kvůli povaze dat) pohybovala případná frekvence ostrova pod hranicí 49 Hz (červený semafor).

GUI dále obsahuje informace o aktuálním čase, frekvenci, měření na jednotlivých transformátorech 110 / 22 kV, velikost spotřeby města Plzně, velikost vyráběného výkonu a velikosti SALDA ostrova. Pokud se frekvence pohybuje v rozmezí 49,2 – 50 Hz, situace je brána jako OK a ostrov je možný, frekvence v rozmezí 49,2 - 49 Hz je vyhodnocena žlutou barvou jako varovná a frekvence nižší než 49 Hz je zobrazena jako červená a do ostrovního provozu není možné přejít bez zásahu do komfortu koncového spotřebitele.

Po stisknutí tlačítka regulace dojde k vykreslení přechodného děje (viz následující obrázek). Je vidět, že frekvence se v krajním případě pohybuje přibližně 10 sekund pod hodnotou 48,6 Hz, což nutně znamená vysokou pravděpodobnost zakročení 1. i 2. stupně frekvenčního odlehčení a vypnutí přibližně 24% zátěže.



Obrázek III. Přechodný děj při případném přechodu do ostrovního provozu

IV. ZÁVĚR

V současné době je záměr přiblížit regulační schéma více realitě a také vyřešit otázku načítání dat offline (přiložené .csv soubory) a online (z databáze – více reálné pro praxi). Nadále však zůstává velkou překážkou legislativa, která pro provoz v ostrovním režimu neurčuje pevné podmínky.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2016-006 a projektu SGS-2015-031: Analýza, simulace a vyhodnocení provozu elektrizační soustavy s respektováním integrace distribuovaných zdrojů energie, včetně obnovitelných, při využití nových, pokročilých metod teoretického a aplikačního výzkumu v elektroenergetice.

LITERATURA

- [1] V. Mužík, *Studie provozu v ostrovním režimu na území města Plzně*, Elektrotechnika a informatika, Část 3., Elektroenergetika 13-16, Fakulta elektrotechnická, Plzeň, Česká republika, 2014.
- [2] K. Máslo, *Řízení a stabilita elektrizační soustavy*, Praha, Česká republika, Asociace energetických manažerů, 2013.
- [3] K. Noháč, „*Studijní materiály pro KEE/PJS – pojem stability v ES*“, Fakulta elektrotechnická, Plzeň, Česká republika, 2015.
- [4] *Kodex přenosové soustavy – část pátá*, ČEPS a.s., Praha, Česká republika, 2015.