

ŘÍZENÍ A PROVOZ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY s VELKÝM POČTEM „ROZPTÝLENÝCH“ zdrojů



Petr Vaculík, E.ON Brno,

Antonín Popelka, Petr Marvan, AIS Brno

Úvod

- V poslední době se v energetických kruzích hodně mluví o obavách vlivu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na provozování elektrických sítí.
- V našich podmínkách se uplatní zejména výroba z FVE
- Podíváme se, co umí už teď, dokud je teprve v začátcích.



Vliv FVE na zatížení traf PS/DS

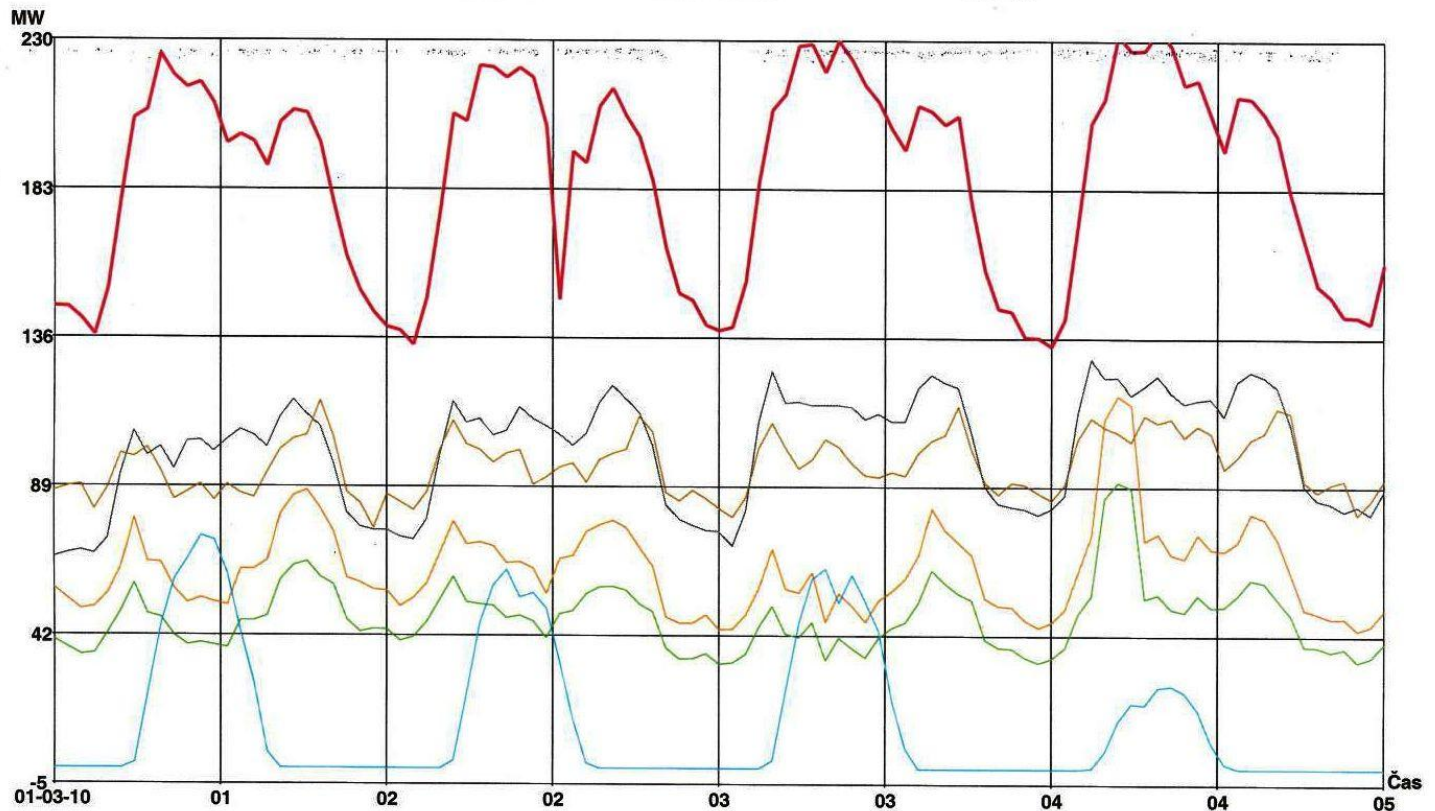
Titel: EONV_DOD

Kommentar: dodavka do E.ON vychod

1: SO 110kV
2: SO 110kV
3: SO 110kV
4:
5: KD E.ON vychod
6: SLV 110kV
7: OKC 110kV

T402 cinny vykon
T202 cinny vykon
T203 cinny vykon
fotovolta elek su cinny vykon
T402 cinny vykon
T403 cinny vykon

Aktuell
Aktuell
Aktuell
Aktuell
Aktuell
Aktuell

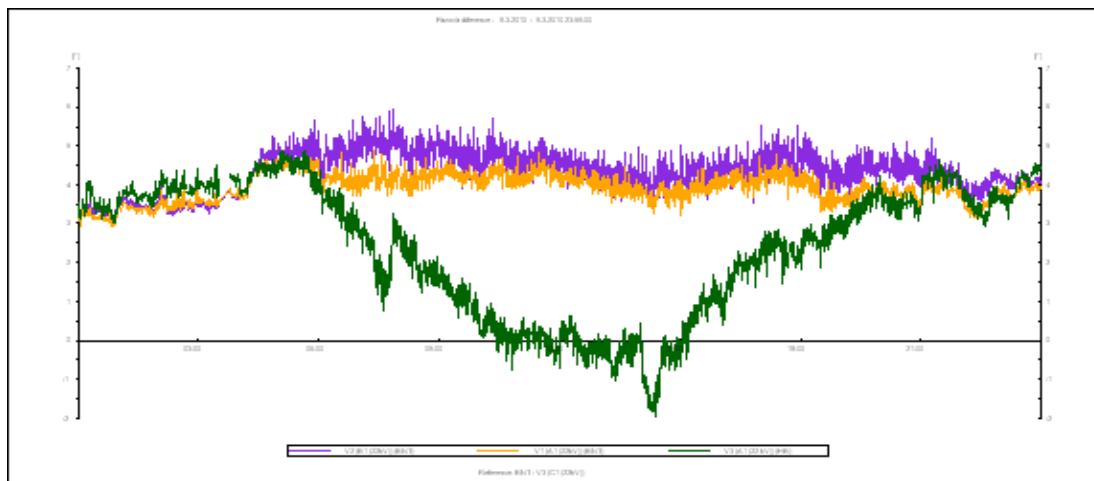
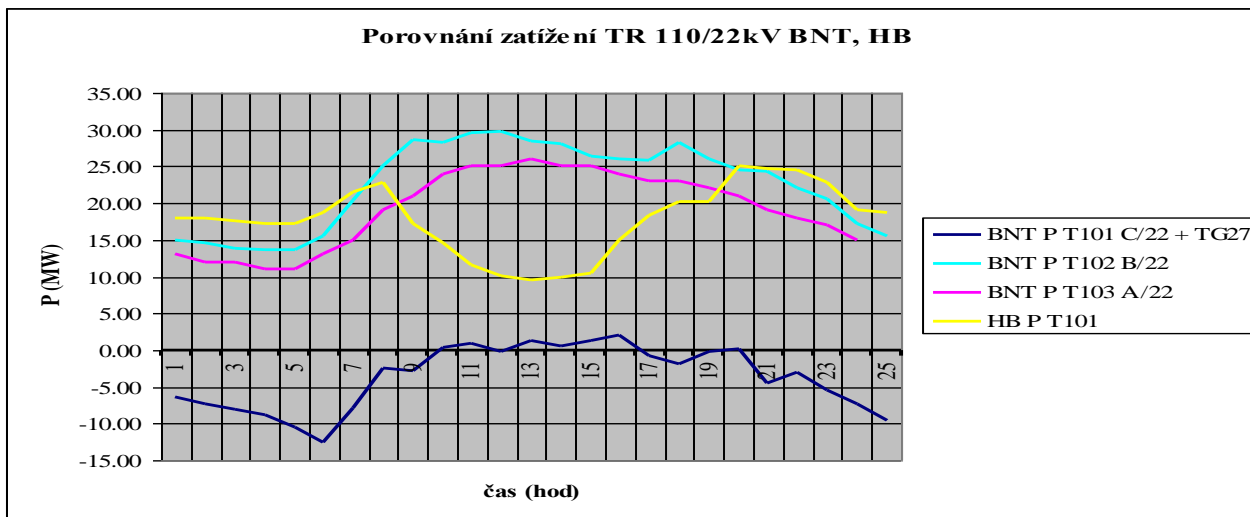


K předchozímu

- SO T402 – napájení Brna, bez FVE
- SO T202,203 – napájení jižní Moravy s FVE
- SLV 402, OKC 403 – odběr s malým vlivem FVE
- Křivka výroby FVE 1.-5.3.2010
- Je vidět významný propad odběru na SO T202,203 v období slunečního svitu.



Porovnání vlivu klasického zdroje a FVE



K předchozímu

- Modrá křivka, výroba z „klasického zdroje“
- Světle modrá a fialová - odběr
- Žlutá – odběr na trafu v Hrušovanech u Brna (FVE ČEZ) výrazně ovlivněný výrobou v době slunečního svitu.
- Spodní obrázek: úhly fázorů napětí ze systému Fotel. Reference odpovídá horní modré křivce s výrobou. Žlutá a fialová modré a fialové s odběrem a zelená úhel v Hrušovanech.
- Je vidět významný rozdíl úhlu v Hrušovanech v době slunečního svitu, který je způsoben především fázovým posunem na reaktanci trať.



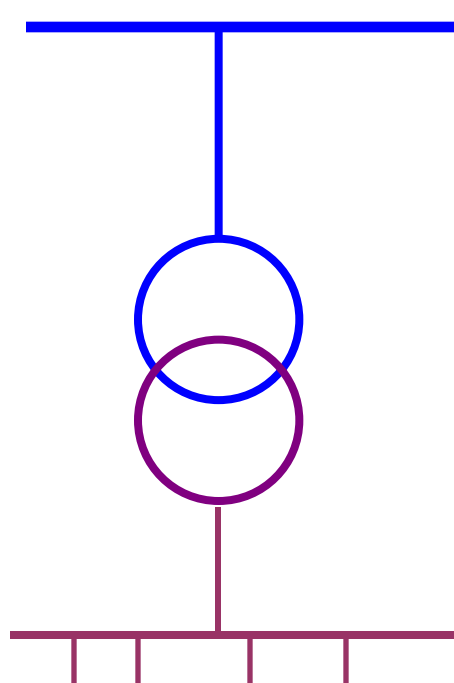
Vliv činného výkonu na fázový posun napětí na trafu

- $\alpha = \arcsin[(I_{\check{c}} * X) / U_f]$
- **Příklad:** Na transformátoru (TR) 110/23kV o výkonu $S_n=40\text{MVA}$, $e_k=11\%$, $I_{n_{22kV}}=1000\text{A}$, $X_{tr_{22kV}} = 1,48 \text{ ohm}$, $U_{2fn} = 13300\text{V}$ vzniká při plném přenosu činného výkonu ($I_{\check{c}}=1000\text{A}$) fázový posun napětí:
 - $\alpha = \arcsin [(I_{\check{c}} * X)/U_{2f}] = \arcsin [(1000*1.48)/13300] = 6,3^\circ$
 - Fázový posun o jeden stupeň pak: $40 \text{ MW} / 6,3^\circ = 6,3 \text{ MW} / 1^\circ$
 - Na uvedeném TR způsobí změna zatížení o $6,3\text{MW}$ fázový posun vektoru napětí 22kV o 1° proti vektoru napětí v DS 110kV.
 - Plný odběr TR ($P=40\text{MW}$) pak způsobí fázový posun napětí $\alpha = 6,3^\circ$ (fázové zpoždění), naopak dodávka do DS110kV způsobí fázový posun vektoru napětí opačným směrem tj. $\alpha = - 6,3^\circ$ (fázový předstih).



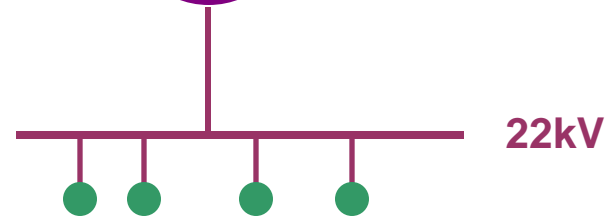
Fázový posuv při transformaci 110/22 kV

TR1-40MW
bez zdrojů
P=18,9MW
Fázový posuv 3



110kV

TR2-40MW
se zdroji
P=-6,3MW
Hrušovany nad J. 24MW
Fázový posuv -1

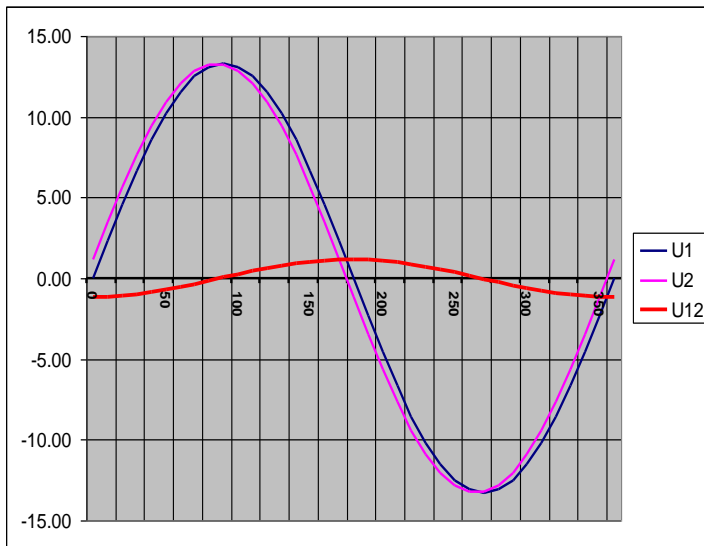


I když jsou obě trafo napájena ze stejné přípojnice vvn, je v daném případě rozdíl fázového úhlu mezi napětími na sekundárních stranách obou traf 4 .

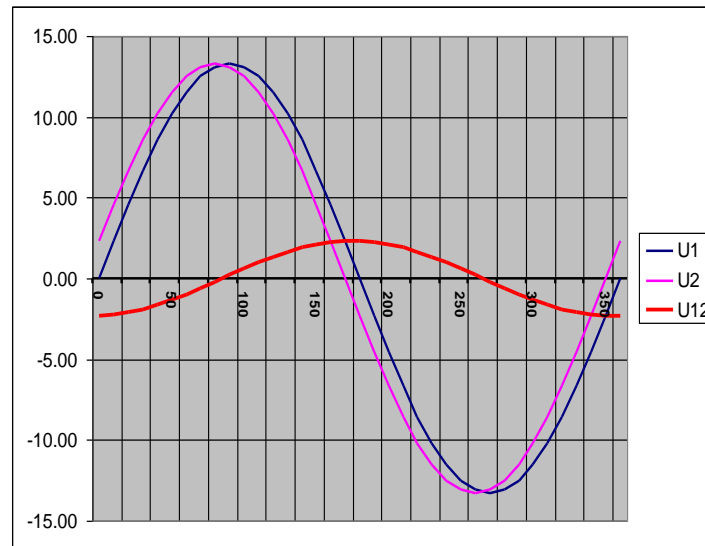


Vliv fázového úhlu na rozdíl napětí

- $DU = U_f \cdot \sin(\alpha)$
- Fázovému posunu napětí o 1 stupeň odpovídá v síti 22kV rozdíl napětí cca 230V, v síti 110kV cca 1180V, s lineárním růstem rozdílu.
- Rozdíl napětí způsobený fázovým posunem o 5 a 10 stupňů.
- Hodnoty napětí jsou přepočteny na efektivní hodnoty.



1160V

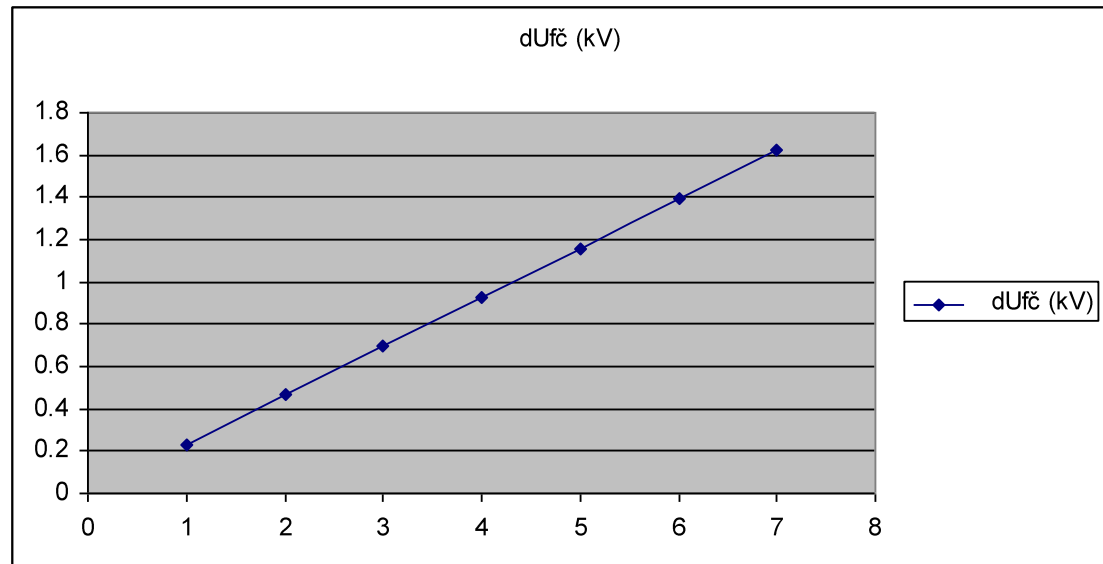


2310V



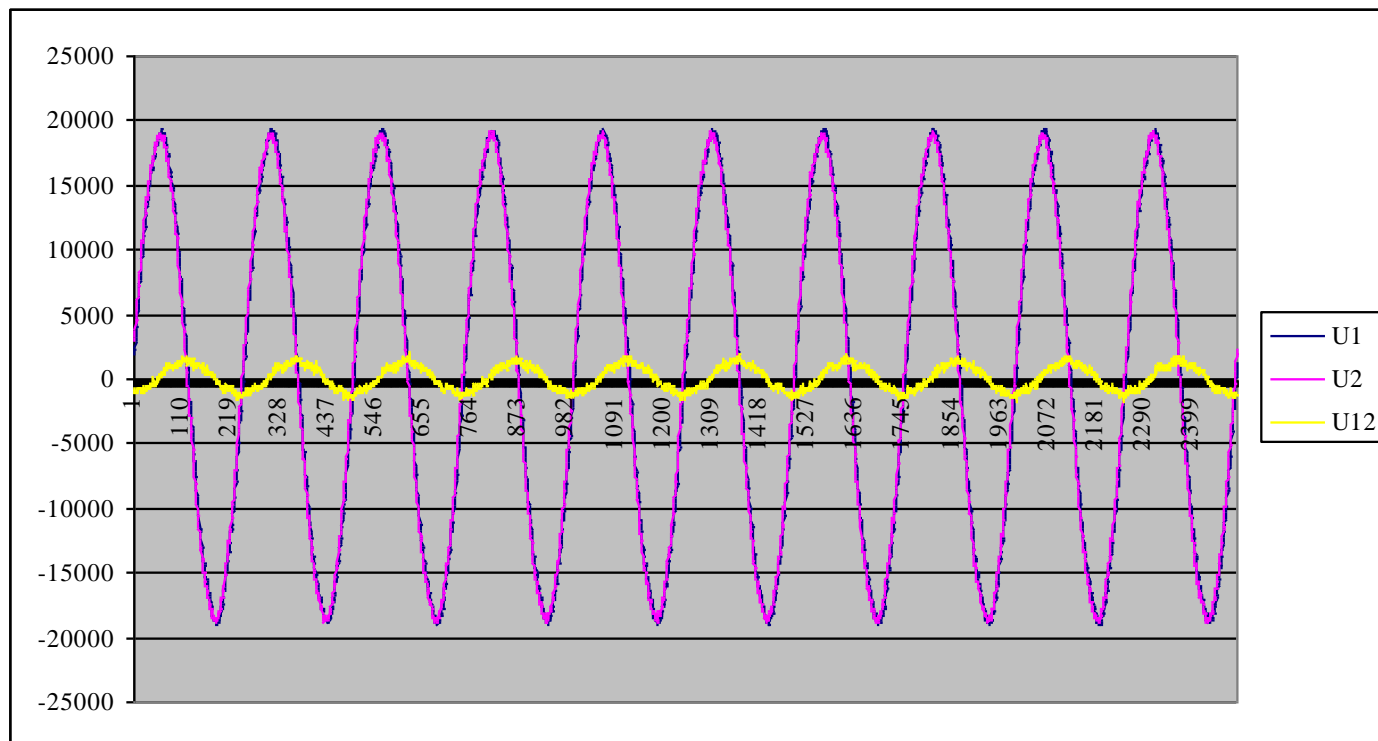
Rozdíl napětí 22kV, vzniklý fázovým posunem

Úhel napětí alfa (st)	Sinus alfa	U _{2f} (kV)	dU _{fč} (kV)
1	0.0174	13.3	0.231
2	0.0349	13.3	0.464
3	0.0523	13.3	0.696
4	0.0697	13.3	0.927
5	0.0871	13.3	1.159
6	0.1045	13.3	1.39
7	0.1218	13.3	1.62



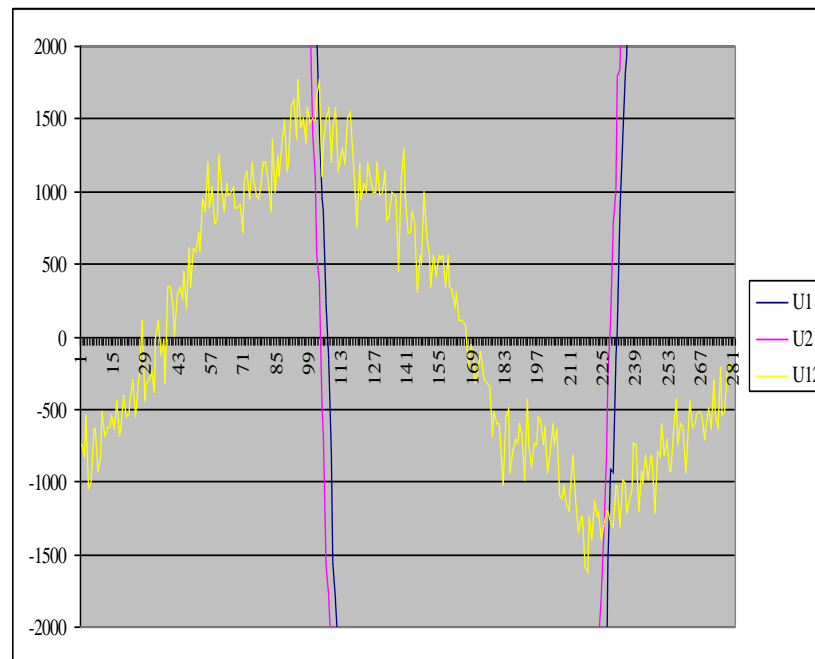
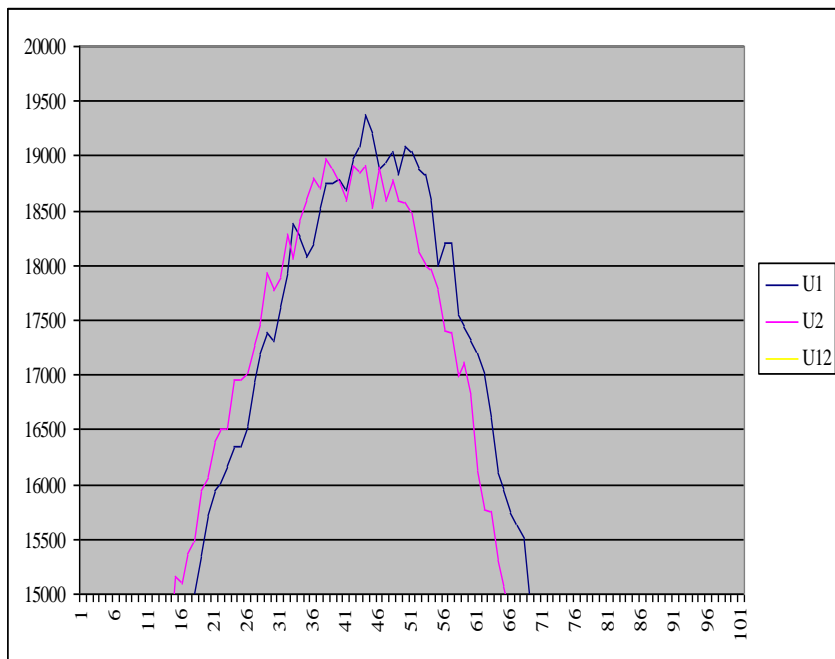
Změřený vliv fázového úhlu na rozdíl napětí

- Průběh napětí (záznam z osciloskopu) mezi přípojniciemi L1 na rozvodně 22kV BNT. Z jedné přípojnice je jen odběr, do druhé jde výkon z generátoru.



Výřezy z předchozího grafu

- Z 1. grafu lze odečíst fázový posun 3° a rozdíl amplitud napětí 400V
- Z 2. Grafu rozdíl napětí mezi přípojniciemi mezi 1600-1700V



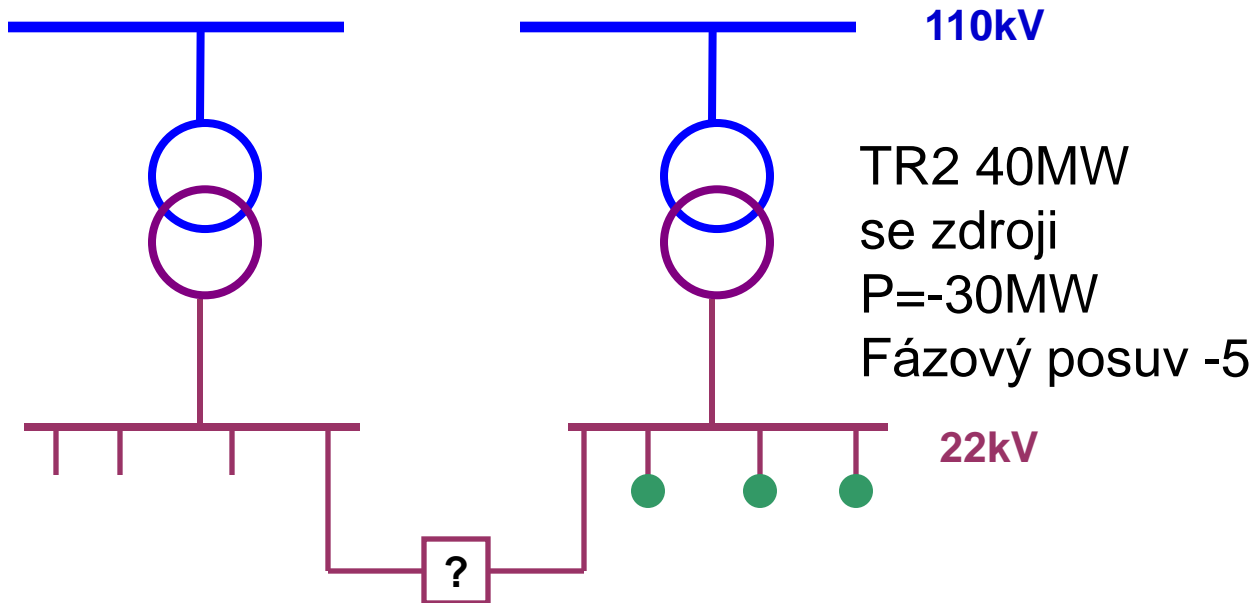
Vliv fázového posuvu na řízení soustavy

- Příklad výpočtu vyrovnávacího proudu spínání dvou oblastí DS 22kV napájených přes TR1 a TR2 110/23kV, se zanedbatelným fázovým posunem napětí na úrovni 110kV:
- TR1 $S_n=40\text{MVA}$, zatížen odběrem $P=36\text{MW}$, tomu odpovídá fázové zpoždění proti DS 110kV dle předchozího $\alpha =+6$.
- TR2 $S_n=40\text{MVA}$, s dodávkou ze zdrojů do DS 110kV $P=-30\text{MW}$, tomu odpovídá fázový předstih proti DS 110kV $\alpha =-5$.
- Na úrovni DS 22kV je pak vzájemný fázový posun napětí před spínáním 11 .
- Typový TR $S_n=40\text{MVA}$ má reaktanci $X=1,45\text{ohm}$, reaktance spínaného vedení 22kV např. AIFe95 o délce 10km je $X=3,7\text{ohm}$. Fázovému posunu napětí 1 odpovídá rozdíl napětí v DS 22kV $dU=230\text{V}$. Potom hodnota vyrovnávacího proudu I_v při sepnutí:
- Reaktance dvou TR a vedení: $X_{\text{celk}} = 1,45+1,45+3,7 = 6,6\text{ohm}$
- Rozdíl napětí způsobený fázovým posunem $dU = 230\text{V} \cdot 11 = 2530\text{V}$
- Vyrovnávací proud $I_v = 2530\text{V}/6,6\text{ohm} = 383\text{A}$
- Vyrovnávací proud I_v poteče od TR2 (fázový předstih) k TR1.
- Vyrovnávací proud $I_v=383\text{A}$ může být v tomto případě na hranici působení nadproudových ochran běžných vývodů vedení 22kV.



Vyrovnávací proud při spínání

TR1 40MW
P=36 MW
Fázový posuv 6



I když jsou obě trafo napájena z přípojníc vvn s nulovým rozdílem úhlu, je v daném případě rozdíl fázového úhlu mezi napětími na sekundárních stranách obou traf 11 .



Podpora dispečinku

- Měření fázorů napětí na vybraných rozvodnách
- Podpora dispečera při rozhodování, jestli lze spínat
- Archivy fázorových dat pro analýzu nestandardních situací
- Podpora pracovníků přípravy provozu (spínání v Drmoulu mezi Toužimí a Tachovem)

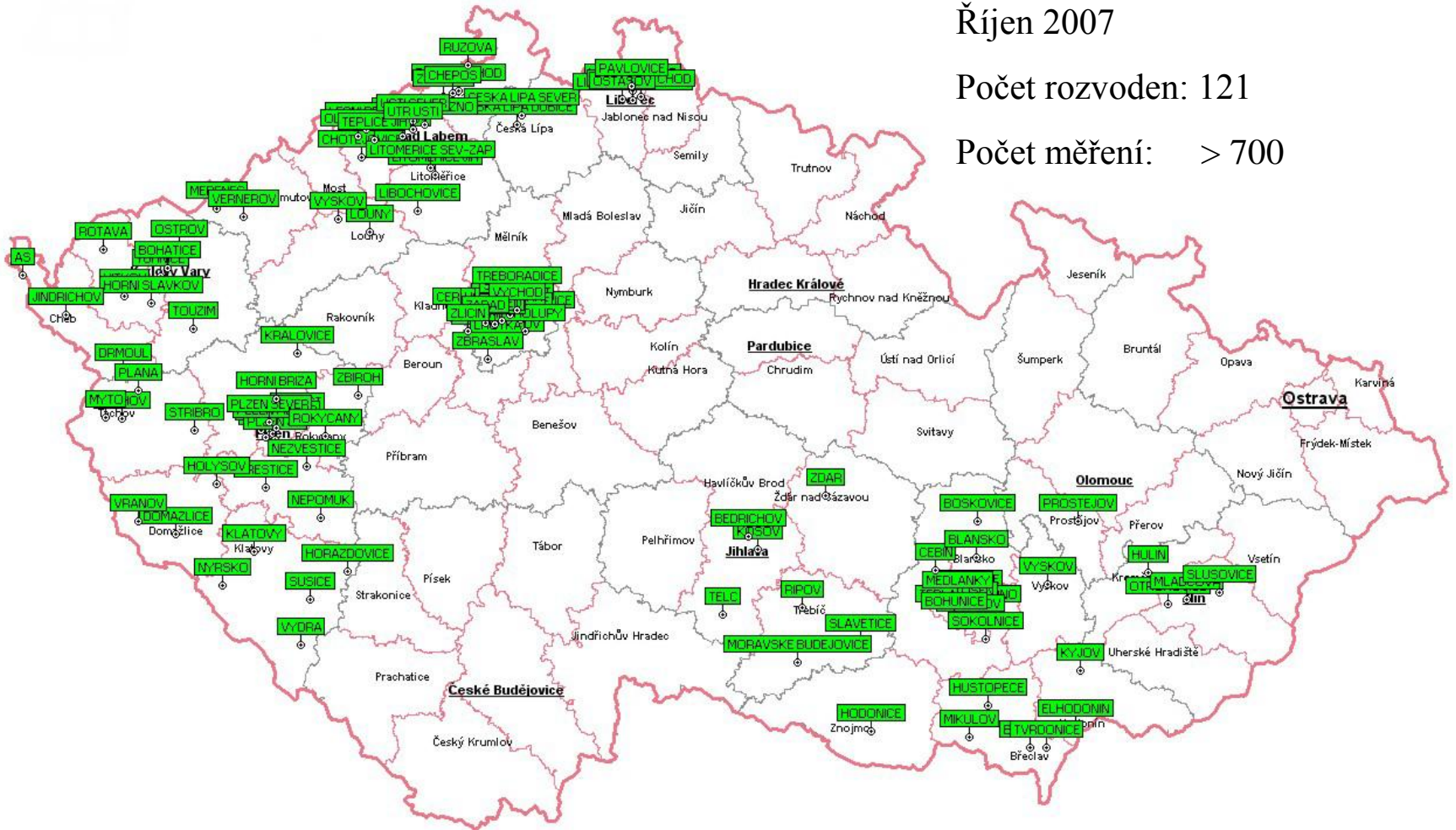


WAM v ČR

Říjen 2007

Počet rozvoden: 121

Počet měření: > 700



Závěr

- Z uvedeného je vidět, že větší zdroje umístěné za transformátory vvn/vn mohou výrazně ovlivnit možnost spínání na úrovni vn. Týká se to zdrojů „klasických“ i „rozptýlených“
- V našich podmínkách jsou a budou dominantnější „rozptýlené“ zdroje FVE, u kterých se výkon během dne výrazně mění v souvislosti s kolísající intenzitou slunečního záření.
- Významnou pomocí pro pracovníky dispečinku je znalost fázových poměrů v řízené síti. K tomu mohou využít systém měření fázorů FOTEL.



Literatura

- Časopis Energetika 2010/2– Petr Vaculík: ŘÍZENÍ A PROVOZ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY S VELKÝM POČTEM „ROZPTÝLENÝCH“ ZDROJŮ
- EGÚ Brno studie Připojování OZE do ES ČR
- www.ais-brno.cz



Děkuji Vám za pozornost



AIS spol. s r.o., Brno
www.ais-brno.cz
ais@ais-brno.cz

