

Vyhodnocení vlivu lokálních výroben na výkonové a proudové poměry podél propojených vývodů 22 kV

Roman Vykuka, Miloslava Tesařová
Katedra elektroenergetiky a ekologie
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
vykuka@kee.zcu.cz, tesarova@kee.zcu.cz

Evaluation of Impact of Distributed Sources on Power and Current Flows Along the 22 kV Interconnected Feeders

Abstract – This paper deals with the evaluation of impact of distributed sources on power and current flows along the 22 kV interconnected feeders fed from different substations.

Keywords – Distributed Sources; Feeders Interconnection; Power Flow Analysis; Wide Area Monitoring System

I. ÚVOD

Tento článek je věnován vyhodnocení vlivu lokálních zdrojů na proudové a výkonové poměry podél propojených vývodů 22 kV napájených z různých uzlových oblastí. Začlenění lokálních zdrojů do modelu pro výpočet ustáleného chodu soustavy navazuje na předchozí práci, jejímž cílem bylo vyhodnotit velikost a účinník vyrovnávacího proudu v závislosti na rozdílovém úhlu fázorů napětí mezi rozvodnami s ohledem na vypínací schopnosti růžkových úsečníků.

II. PROPOJOVÁNÍ VÝVODŮ VN

Při spínání různých uzlových oblastí VN se může vyskytnout problém nedostatečné vypínací schopnosti úsekových odpínačů, který vede k nutnosti krátkodobě vypnout i odběratele, kteří by manipulací nemuseli být dotčeni při dostatečné vypínací schopnosti úsečníků. Situaci ještě komplikuje vnořená výroba instalovaná na vývodech VN. Při velmi nepříznivé situaci je před provedením manipulací v síti VN nutné provést také zásahy v nadřazené síti 110 kV.

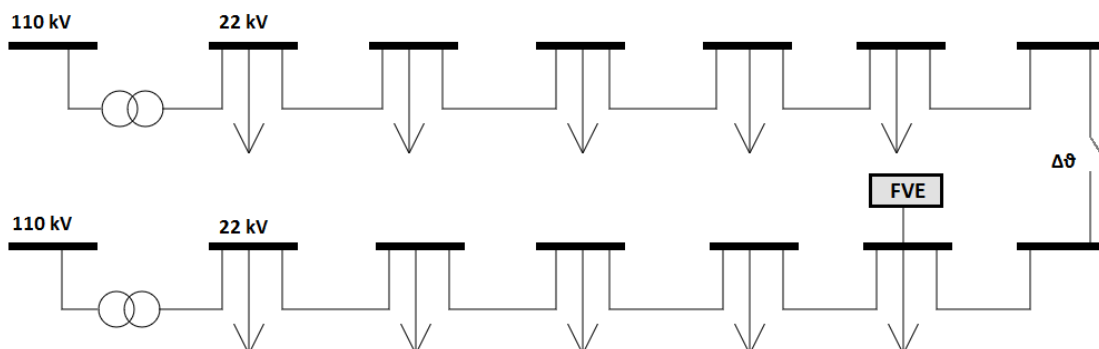
Při propojování sousedních vývodů je nutné rozlišovat, zda jsou oba napájeny ze stejné nebo dvou různých stanic 110 kV/VN. Při propojování různých uzlových oblastí musí být ověřena i velikost rázového vyrovnávacího proudu, který v součtu s provozním proudem a proudem zdroje může vést k překročení vypínací schopnosti úsekových odpínačů, případně reakci nadproudových ochran, což jsou jevy, kterým se snaží distributoři předcházet. Velikost vyrovnávacího proudu lze stanovit na základě znalosti rozdílu úhlů fázorů napětí v napájecích rozvodnách (měření WAMS).

Proud podél propojených vývodů může vlivem lokálních zdrojů změnit svou velikost, směr i charakter účinníku oproti stavu bez připojeného zdroje. Vyhodnocení

vlivu lokálních zdrojů při spínání vývodů je důležité z důvodu proměnlivosti dodávaného výkonu jako v případě FVE, které v nočních hodinách dodávají prakticky nulový výkon.

III. SIMULACE PROPOJENÝCH VÝVODŮ S VNOŘENOU VÝROBOU

Zjistit napěťové a proudové poměry podél propojených vývodů distribuční sítě je poměrně náročnou výpočetní procedurou i v případě použití jednoduchého náhradního modelu. Obecné podmínky kladené na výpočetní procedury jsou univerzálnost a rychlost výpočtu při zachování dobré přesnosti obdržených výsledků. Z tohoto pohledu se nabízí využití konvenčních numerických metod pro řešení ustáleného chodu soustavy (Newton-Raphson, Fast-Decoupled). V případě sítí VN lze díky řešení chodu soustavy pomocí numerických metod snadno simulovat i nerovnoměrně zatížené vývody, ve kterých jsou instalovány lokální zdroje.



Obrázek I. Schéma simulovaného obvodu s FVE připojenou do uzlu ve druhém vývodu na hladině 22 kV

Zjednodušené schéma řešené části distribuční sítě je znázorněno na Obr. I. Jedná se o dva vývody 22 kV napájené ze dvou různých stanic přes transformátory 110/22 kV. Vývody byly uvažovány totožné o délce 20 km, trafostanice se lišily pouze osazeným transformátorem 40 MVA, resp. 25 MVA. Rozdíl úhlů napětí byl uvažován pro hodnoty od 0 do 8°, zatížení vývodů v rozmezí od 1 do 4 MW a generovaný výkon FVE od 0,5 do 1,5 MW. Každý ze stavů byl simulován samostatně a výsledky interpretovány pomocí grafů.

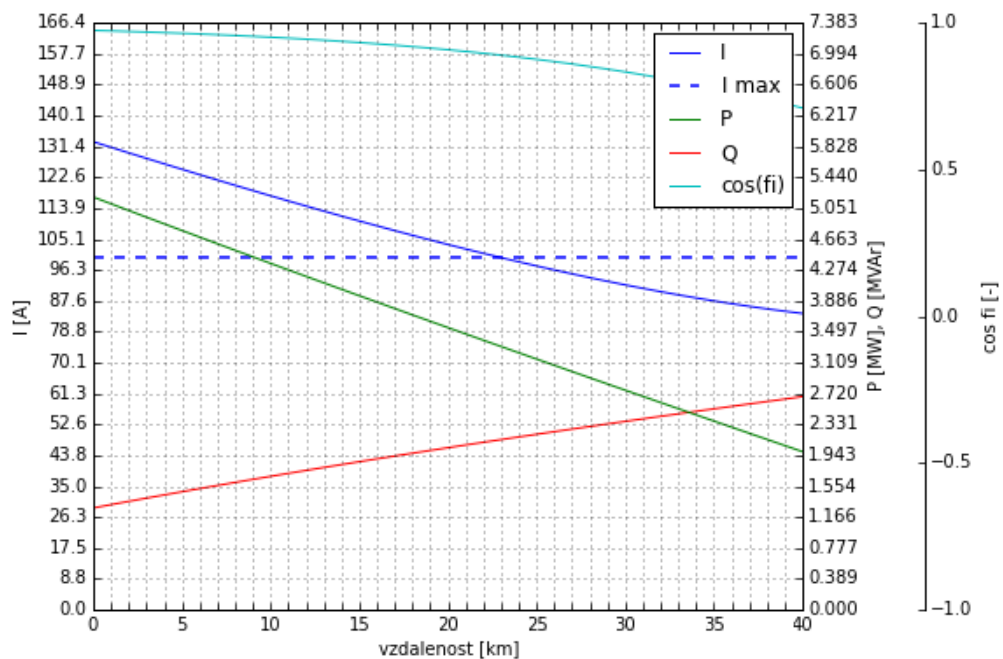
IV. VÝSLEDKY SIMULACÍ

Obr. II ukazuje rozložení veličin podél propojených vývodů pro provozní stav, kdy je každý z vývodů zatížen výkonem 1,5 MW, rozdílový úhel napětí je 8° a výroba FVE je rovna nule. Z grafu je patrné, že vlivem značného rozdílového úhlu fázorů napětí teče činný výkon z rozvodny vlevo (s předbíhajícím úhlem) do rozvodny vpravo (se zpožďujícím se úhlem). U jalového výkonu je situace přesně opačná, neboť tok Q směřuje zprava doleva.

Dále je z grafu čitelná hranice maximálního proudu I_{max} , který ještě umožňuje bezpečnou manipulaci s úsečníky, pro které byly zvoleny následující meze (vypínací schopnost):

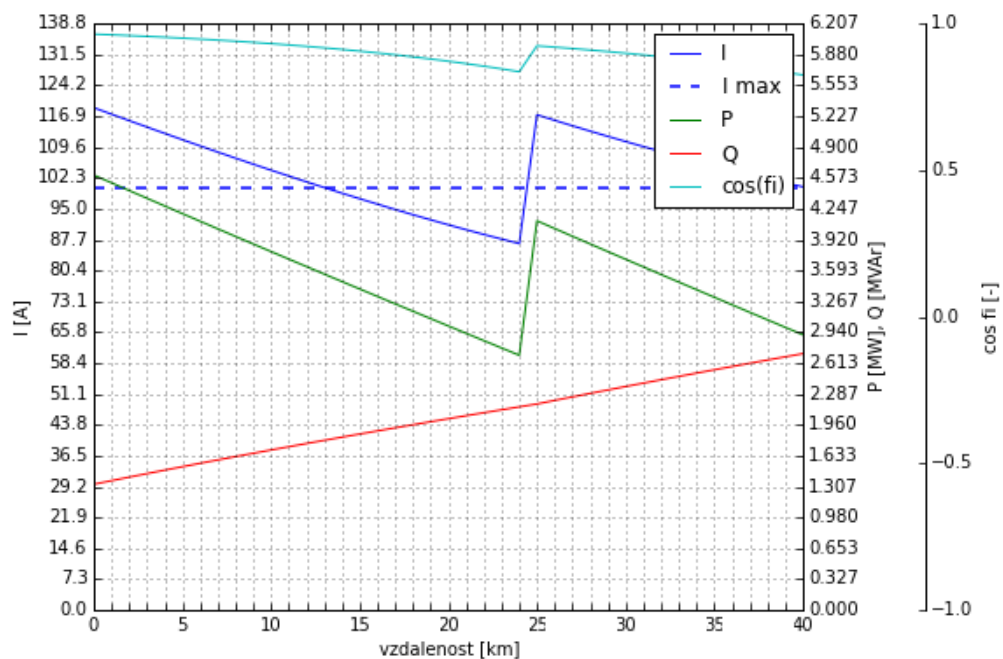
$$I_{max} = 100 \text{ A pro } \cos \varphi \geq 0,7$$

$$I_{max} = 35 \text{ A pro } 0,3 \leq \cos \varphi < 0,7$$



Obrázek II. Zatížení vývodů 2 x 1,5 MW, $\Delta\theta = 8^\circ$, $P_g=0$

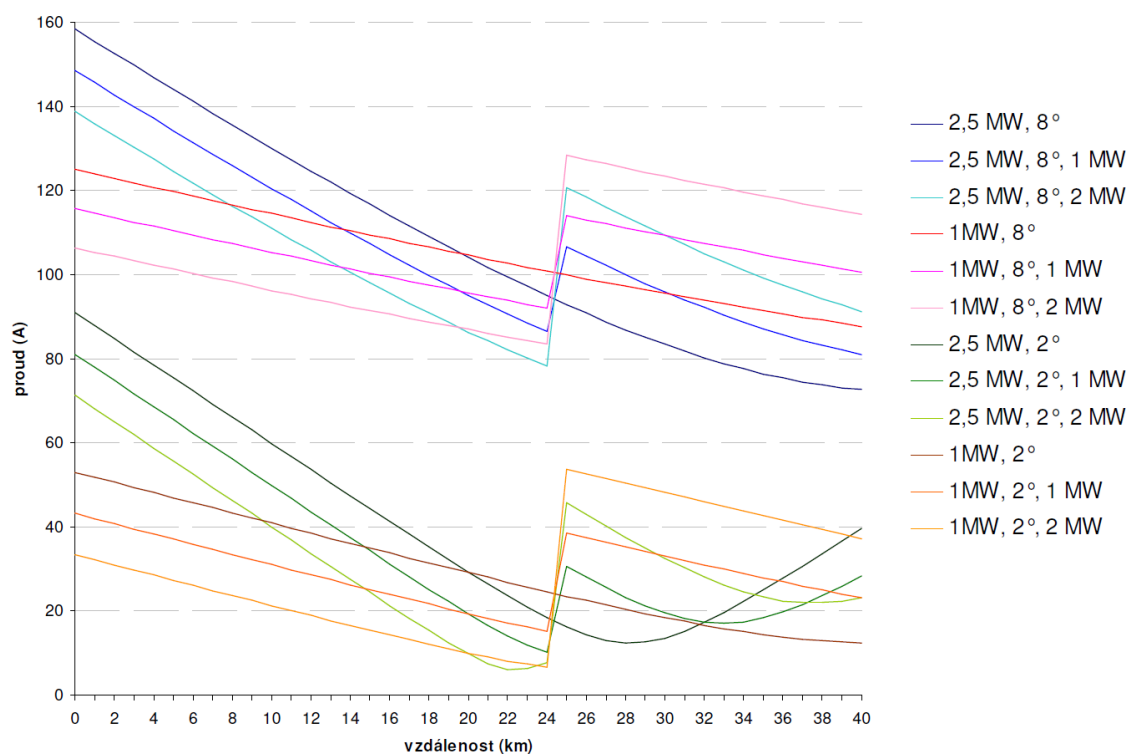
Na Obr. III je znázorněn podobný stav jako v předchozím případě, výroba FVE je však uvažována 1,5 MW. Na průběhu činného výkonu a proudu je patrný vznik lokální špičky v místě, kde je instalován zdroj. Porovnáním s předchozím případem je zřejmý přímý vliv vnořené výroby na posunutí a zkrácení pásma bezpečného spínání dle stanovených kritérií.



Obrázek III. Zatížení vývodů 2 x 1,5 MW, $\Delta\theta = 8^\circ$, $P_g=1,5$

Obecně lze říci, že při propojených vývodech vnořená výroba na vývodu V2 oproti stavu bez ní proudově odlehčí počátek vývodu V1, naopak navýší proudové zatížení vývodu V2 a úseků v blízkosti míst a připojení výroby. V grafech rozložení proudu podél propojených vývodů se to projeví tak, že křivka proudu při vnořené výrobě je v místě připojení zdroje „přestřižená“ a posunutá dolů pro úseky před zdrojem (0-24 km), resp. nahoru pro úseky za zdrojem (24-40 km). Zatížení vývodu se projeví na

proudovém profilu tak, že dochází k natažení proudového profilu ve směru hodinových ručiček při zvyšujícím se zatížení vývodů, pevným bodem je středová propojka (20 km). Se zvyšujícím se rozdílovým úhlem napětí propojených rozveden se proudový profil posouvá směrem nahoru. Popsané zákonitosti ilustruje Obr. IV.



Obrázek IV. Proudový profil podél propojených vývodů v závislosti na fázovém posunu fázorů napětí, zatížení vývodu a připojené výrobě

V. ZÁVĚR

Z provedené analýzy vyplývá, že připojená výroba podstatným způsobem ovlivňuje oblasti bezpečného spínání. Na Obr. III byl demonstrován případ negativního dopadu vnořené výroby na šíři pásma bezpečného spínání. Lze však nalézt případy, kdy má připojená výroba i pozitivní efekt. Například odlehčováním jednoho z vývodů vnořeným zdrojem může dojít k zúžení problematického pásma na tomto vývodu, kdy se hluboko v síti rozšiřuje bezpečná oblast spínání.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK1-2016-006 a studentského vědeckého projektu SGS-2015-031.

LITERATURA

- [1] JIŘIČKA, J., CHROMÝ, J., ŠTĚPKA, V., TESAŘOVÁ, M., VYKUKA, R. Využití synchronního měření fázorů k eliminaci negativních dopadů na odběratele při spínání různých sítí 22 kV. In Referáty 19. konference ČK CIREC. Praha: Český komitét CIREC, 2015. s. 1 24. ISBN: 978-80-905014-4-7