

Simulace provozu větrných elektráren

Ing. Michal Konč, ČEZ Distribuce, a. s.,
doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D., Univerzita Pardubice,
Dopravní fakulta Jana Pernera

1. Úvod

Koncem roku 2010 se předpokládal vzrůst instalovaného výkonu ve větrných elektrárnách (VtE) na 303 MW, čemuž odpovídá asi 485 GW-h vyrobené elektřiny ročně. Naproti tomu v roce 2006 činil instalovaný výkon pouhých 44 MW a vykoupená elektřina 49,4 GW-h, což je během čtyřletého období téměř sedminásobný nárůst instalovaného výkonu [1]. Mezi největší větrné farmy provozované v ČR patří Kryštofovy Hamry v Krušných horách o instalovaném výkonu 42 MW; druhou největší VtE je farma Horní Loděnice-Lipina na pomezí Nizkého Jeseníku a Oderských vrchů o instalovaném výkonu 18 MW. Ostatních VtE (nad 100 kW) je asi padesát, ovšem tyto nepřekračují hodnotu instalovaného výkonu 10 MW (stav k 6/2009). Téměř 30 % veškerého instalovaného výkonu tuzemských VtE je v Ústeckém kraji a dalších 20 % na Olomoucku. Zájem firem o investice do výstavby nových VtE roste. Plány investorů počítají v nejbližších letech s nově instalovaným výkonem VtE po celé ČR přibližně 1 200 MW, což je více než kapacita jednoho bloku jaderné elektrárny Temelín [2] až [4]. Cílem tohoto článku je ukázat způsoby a možnosti posouzení připojitelnosti zdrojů VtE do napěťových hladin nn a vn z pohledu zpětných vlivů v praxi a dále najít a navrhnout možná opatření vedoucí k omezení zjištěných nadlimitních hodnot.

2. Metody analýzy výsledků výpočtu zpětných vlivů VtE

Při posuzování možných zpětných vlivů na distribuční soustavu (DS) je možné využít výpočtový matematický model nebo simulační programy, které jsou schopny pokrýt svými výpočty větší variabilitu stavů i množství zdrojů.

Technické podmínky připojování upřesňují a doplňují pravidla provozování distribučních soustav (PPDS) – viz příloha č. 4 [5]. Požadavky provozovatelů distribučních sítí (PDS), k jejichž sítím se VtE připojují, jsou uvedeny v [5] až [7]. Zpětné vlivy na síť PDS, tj. změny napětí, flikru, proudy harmonických a ovlivnění zařízení HDO (hromadné dálkové ovládání), byly zkoumány na základě výpočtů a simulací.

Pro vyhodnocení byly použity tyto dvě metody:

– metoda výpočtová

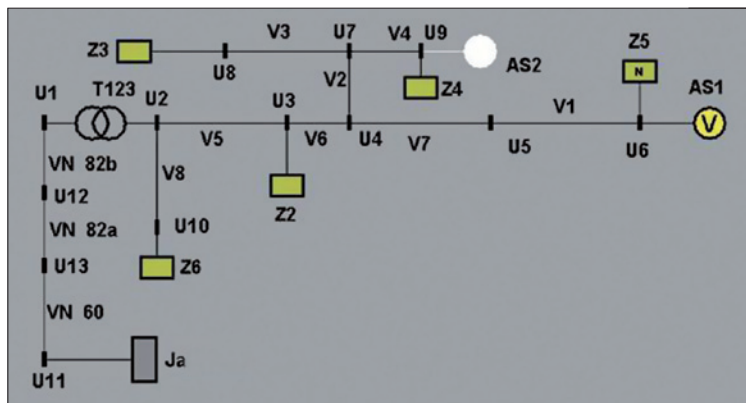
Zahrnuje matematický model sítě s charakteristickými vstupy, mezi které patří mj. délka vedení, průřez (podle technologických

úseků trasovaných ke zdroji), rezistivita, reaktance a zkratový výkon sítě; transformátory zahrnující zdánlivý výkon, ztráty nakrátko a napětí nakrátko. Výstupními proměnnými jsou maximálně možné připojitelné výkony, k nim vztažené změny napětí, příspěvky k vjemu flikru, fázový úhel impedance sítě a proudy harmonických. Nevýhodou je, že tímto způsobem lze řešit pouze jednodušší konfigurace sítě s omezeným počtem zdrojů.

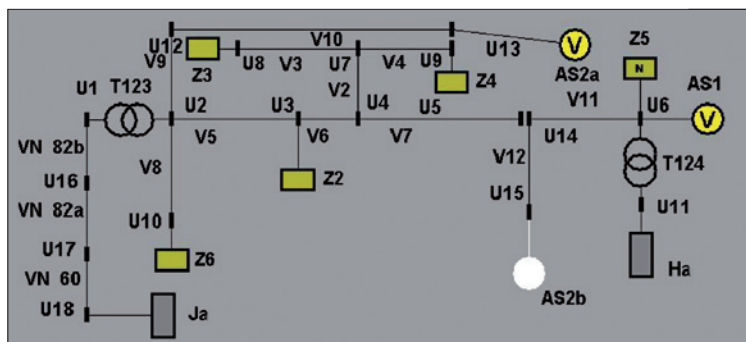
3. Posouzení výkonů dodávajících do distribuční sítě vn a nn

3.1 Posouzení výkonů dodávajících do distribuční sítě nn

Pro výpočet a simulaci byl použit současný případ malé vodní elektrárny (MVE) na řece Moravě. Rozdíl v simulaci oproti VtE je v dosazení do zadání, která doplňují



Obr. 1. Schéma současného zapojení se zdrojem AS1



Obr. 2. Schéma možného budoucího zapojení se zdroji AS1, AS2

– metoda simulací

Využívá program *E-vlivy* a aplikuje ve svém algoritmu strukturu známou z metody výpočtů. Tato metoda umožňuje ovšem navíc stanovit mnohačetnou variabilitu charakterizovanou zejména různými provozními stavy sítě (simulace s vypínači – možnosti záložních napájení apod.), četností zdrojů, včetně jejich rozmístění, možností jejich rychlé přeparametrizace.

Tyto dvě zvolené metody byly vzájemně v průběhu řešení porovnávány. Jednotlivé výsledky rozdělené podle napěťových hladin v jednotlivých zkoumaných zapojeních se sítěmi PDS jsou uvedeny v dalším textu.

vstupní hodnoty pro výpočet flikru; dále se s ní pracuje jako s VtE. Zdroj způsobí v síti nadměrné, především napěťové změny, což bylo prokázáno měřením. Vstupní parametry pro výpočet a pro simulaci jsou uvedeny v [9].

Na obr. 1 je schéma zapojení posuzovaného (již provozovaného) zdroje se jmenovitým výkonem asynchronního generátoru 23 kW (AS1). Nově plánovaná VtE o jmenovitém výkonu 30 kW je označena jako AS2. V simulaci podle obr. 1 není AS2 již řešena z důvodu překročení povolených napěťových mezí provozovaným zdrojem AS1. Do simulace a výpočtu je zahrnuta i nadřazená síť vn

22 kV, která přispívá k výslednému zkratovému výkonu v přípojném místě VtE.

Velikost skutečných zátěží (Z2 až Z6) je odvozena z celkového změřeného proudového zatížení vývodu (bod U2); rozložení a velikost jednotlivých zátěží (Z2 až Z6) po síti jsou uvedeny na základě osobní znalosti. Příklady výsledků určení zpětných vlivů současné VtE na nn v U6 jsou uvedeny v tab. 1.

Obě metody – jak výpočtová, tak simulační – vycházejí z podmínky neutrálního účinku ($\cos \varphi = 1$) připojeného zdroje. Výsledný úhel v simulaci je mírně odlišný vlivem výpočtu chodu sítě, neutrální účinek pro výpočet se používá jako vstupní statická hodnota. Zásadní a důležité difference jsou patrné u zvýšeného napětí, původ rozdílů je způsoben odlišným přístupem obou metod. Zatímco při výpočtech je nalezen maximálně možný připojitelný výkon S_{Amax} a pro něj přípustné zvýšené napětí Δu_{AV} v místě připojení (U6), u simulace umožňuje program *E-vlivy* i změny připojovaného výkonu, a tím nalezení optimálního zdánlivého připojitelného výkonu S vyroben na nn. Pro porovnání s měřením bylo tedy zapotřebí se co nejvíce přiblížit skutečnému stavu v simulaci. Rozdíl od hodnoty získané měřením (23,75 % – uvedeno v [9]) je necelých 5 % (tab. 1). Pro porovnání s manuálními výpočty bylo tedy nutné zjistit maximální připojitelný výkon, kdy nebude překročena 3% hranice zvýšení napětí. Difference mezi zjištěnými hodnotami výkonu představuje přibližně hodnotu 0,5 kW. Na správnost přístupu k výpočtům poukazují všechny ostatní přibližně stejné výsledky. Skutečnou velikost vyšších harmonických nelze v tomto případě přesněji určit z důvodu absence ověřovacích protokolů zdroje. Podle [9] je možné určit pouze limitní emisní hodnoty vybraných proudů (tab. 1, sloupec Výpočty).

Nový zdroj AS1 by v této fázi nebylo možné připojit (zvýšené napětí Δu překračuje povolenou hodnotu šestkrát, Δu_{ers} dokonce sedmkrát – program *E-vlivy*), a to již při neutrálním účinku. V tomto případě je třeba připomenout pro daný záměr sice nepodstatnou, ale přesto zajímavou skutečnost týkající se celkem velkého útlumu signálu HDO (15,7 %), který je však ještě v tolerančních mezích (20 %).

Provoz VtE se sítí PDS podle původního stavu je z hlediska příslušných mezí nepřipustný. I přesto však není možné z důvodů těchto nadlimitních zpětných vlivů zdroj odstavit. Navíc je požadováno o připojení dalšího, nového zdroje AS2, situovaného do stejné sítě, tj. vývodu nn a transformátoru vn/nn. Pro splnění požadavků vyplývajících z [5] a dalších souvisejících předpisů bude nutné upravit síť např. do podoby vyplývajících z obr. 2.

Dodavatel bude podle svých potřeb (především z důvodu rychlejšího návratu vložených investic) požadovat měření v místě výroby VtE (bod U13). V tab. 2 jsou uvedeny výpočty zpětných vlivů v tomto bodě jako nejbližšího požadovaného místa připojení. Opět je nutné pracovat s výsledky obou pří-

Tab. 1. Výsledky získané metodou výpočtů a simulací zpětných vlivů současné VtE na nn v U6

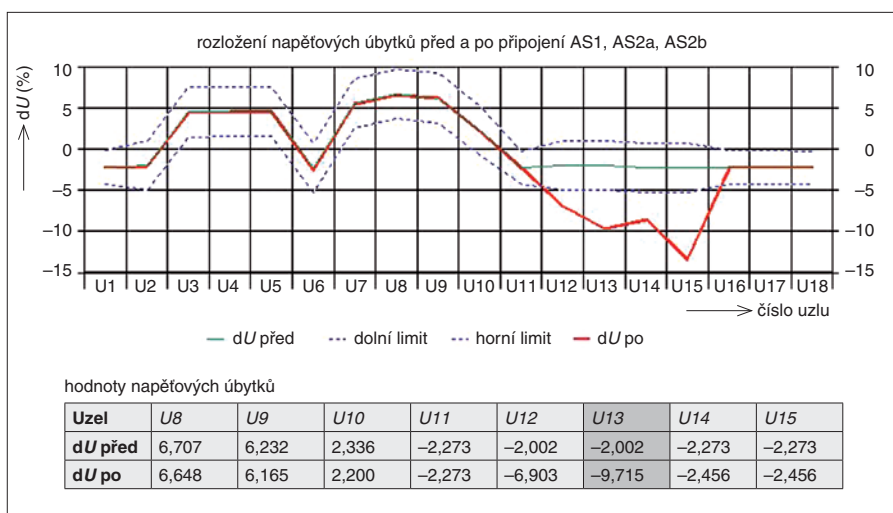
Název proměnné v přípojném bodě U6	Parametr	Výpočty	E-vlivy	E-vlivy
impedance transformátoru T2 (Ω)	Z'_{T2}	0,016	-	0,022
výsledná impedance vedení nn (Ω)	Z_{nn}	1,562	-	1,552
výsledná impedance (Ω)	Z_v	1,584	-	1,574
zkratový výkon v přípojném bodě (MV·A)	S_{kv}	0,101	-	0,112
zkratový výkon na přípojnicí transformátoru vn/nn (MV·A)	S_{kTnn}	7,136	-	10,672
max. zdánlivý připojitelný výkon vyroben na nn (MV·A)	S_{Amax}	0,003	0,003	-
zdánlivý připojitelný výkon vyroben na nn (MV·A)	S	-	-	0,018
úhel mezi napětím a proudem ($^\circ$)	φ	0,000	-	1,505
fázový úhel impedance sítě ($^\circ$)	ψ_{kv}	20,342	-	20,331
zvýšené napětí v přípojném bodě (%)	Δu_{AV}	3,030	2,6	18,764
činitel spínání závislý na síti (-)	$k_{i\psi}$	1,000	-	-
fiktivní (náhradní) změna napětí (%)	Δu_{ers}	21,350	-	22,764
příspěvek k dlouhodobému vjemu flikru (-)	P_{lt}	2,277	-	2,058
přípustný proud 5. harmonické (A)	I_{5nn}	0,872	-	-
přípustný proud 7. harmonické (A)	I_{7nn}	0,726	-	-
přípustný proud 11. harmonické (A)	I_{11nn}	0,436	-	-
přípustný proud 13. harmonické (A)	I_{13nn}	0,291	-	-

Tab. 2. Výsledky získané metodou výpočtů a simulací zpětných vlivů plánované VtE na nn v U13

Název proměnné v přípojném bodě U13	Parametr	Výpočty	E-vlivy	E-vlivy
impedance transformátoru T2 (Ω)	Z'_{T2}	0,016	-	0,022
výsledná impedance vedení nn (Ω)	Z_{nn}	0,446	-	0,435
výsledná impedance (Ω)	Z_v	0,468	-	0,457
zkratový výkon v přípojném bodě (MV·A)	S_{kv}	0,342	-	0,385
zkratový výkon na přípojnicí transformátoru vn/nn (MV·A)	S_{kTnn}	7,136	-	7,938
max. zdánlivý připojitelný výkon vyroben na vn (MV·A)	S_{Amax}	0,000	-	-
max. zdánlivý připojitelný výkon vyroben na nn (MV·A)	S_{Amax}	0,010	0,010	-
zdánlivý připojitelný výkon vyroben na nn (MV·A)	S	-	-	0,031
úhel mezi napětím a proudem ($^\circ$)	φ	0,000	-	0,455
fázový úhel impedance sítě ($^\circ$)	ψ_{kv}	9,615	-	9,670
zvýšené napětí v přípojném bodě (%)	Δu_{AV}	3,030	2,930	7,700
činitel spínání závislý na síti (-)	$k_{i\psi}$	1,000	-	-
fiktivní (náhradní) změna napětí (%)	Δu_{ers}	8,659	-	9,412
příspěvek k dlouhodobému vjemu flikru (-)	P_{lt}	0,878	-	0,779
přípustný proud 5. harmonické (A)	I_{5nn}	6,135	-	-
přípustný proud 7. harmonické (A)	I_{7nn}	5,113	-	-
přípustný proud 11. harmonické (A)	I_{11nn}	3,068	-	-
přípustný proud 13. harmonické (A)	I_{13nn}	2,045	-	-
útlum signálu HDO (%)	Δu_{HDO}	-	-	4,373
příspěvek ke zkratovému proudu (A)	ΔI_k	-	-	63,000

stupů ze dvou různých úhlů pohledu. Z uvedených výsledků vyplývá, že není možné požadavkům dodavatele vyhovět. Jako nejbližší předávací místo je ze strany PDS navržen

bod U2. Pro tento bod byly simulovány zpětné vlivy pouze v programu *E-vlivy*. Hodnoty jsou patrné z tab. 3 a z nich vyplývá, že požadovaný výkon zdroje jsou splněny zá-



Obr. 3. Rozložení napětí v dotčeném vedení nn s oběma zdroji

Tab. 3. Výstupní hodnoty zpětných vlivů plánované VtE v U9

Název proměnné v přípojním bodě U2	Parametr	E-vlivy
impedance transformátoru T2 (Ω)	Z'_{T2}	0,022
výsledná impedance vedení nn (Ω)	Z_{nn}	0,435
výsledná impedance (Ω)	Z_v	0,457
zkratový výkon v přípojním bodě (MV·A)	S_{kv}	0,385
zkratový výkon na přípojnicí transformátoru vn/nn (MV·A)	S_{kTnn}	7,938
zdánlivý připojitelný výkon vyroben na nn (MV·A)	S	0,032
úhel mezi napětím a proudem ($^\circ$)	φ	-0,085
fázový úhel impedance sítě ($^\circ$)	ψ_{kv}	68,447
zvýšené napětí v přípojním bodě (%)	Δu	0,129
fiktivní (náhradní) změna napětí (%)	Δu_{ers}	0,165
příspěvek k vjemu flikru	P_t	0,038
útlum signálu HDO	Δu_{HDO} (%)	0,743

Tab. 4. Výpočty zpětných vlivů plánované VtE v U9

Název proměnné v přípojním bodě U9	Parametr	Výpočty	E-vlivy
výsledná impedance vedení vn (Ω)	Z_{vn}	10,272	9,886
výsledná impedance (Ω)	Z_v	11,837	11,451
zkratový výkon v přípojním bodě (Ω)	S_{kv}	40,889	45,913
zkratový výkon na přípojnicí transformátoru vn/nn (MV·A)	S_{kTvn}	309,364	306,200
max. zdánlivý připojitelný výkon vyroben na vn (MV·A)	S_{Amax}	1,345	-
zdánlivý připojitelný výkon na vn (MV·A)	S	-	1,930
úhel mezi napětím a proudem ($^\circ$)	φ	0	1,364
fázový úhel impedance sítě ($^\circ$)	ψ_{kv}	56,435	56,397
zvýšené napětí v přípojním bodě (%)	Δu_{AV}	1,818	2,180
fiktivní (náhradní) změna napětí (%)	Δu_{ers}	1,623	2,515
příspěvek k dlouhodobému vjemu flikru	P_{lt}	0,103	0,091
útlum signálu HDO (%)	Δu_{HDO}	-	16,314
příspěvek ke zkratovému proudu (A)	Δi_k	-	303,000

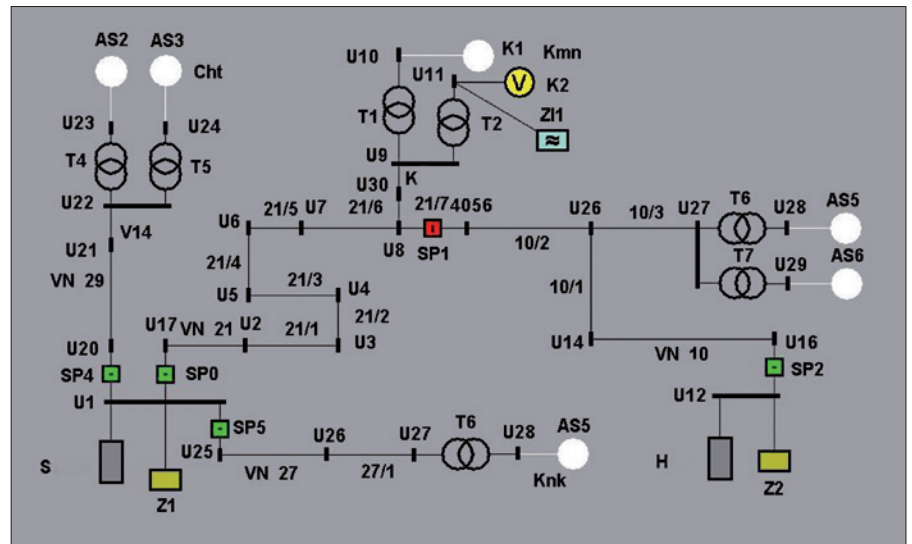
kladní požadavky pro jeho připojení. V tomto stavu lze simulovat i provoz při jiném než neutrálním účinníku, a stanovit tak jeho meze pro vlastní zdroj. Lze i kontinuálně měnit velikost připojovaného výkonu, zvyšovat jej a stanovit jeho maximální hodnotu. Harmonické opět nelze spočítat pro absenci ověřovacího protokolu; přípustné meze jsou uvedeny v tab. 2. Na obr. 3 je graf příslušných napěťových poměrů uzlů ve sledované síti nn.

Možnosti připojení a měření nového zdroje jsou posuzovány v bodech U13 nebo U14. Je tedy na dodavateli, ke které distribuční transformátorové stanici (DTS) kabel od zdroje přivede (T123 nebo T124). Porovnají-li se však poměry mezi přibližně stejnými délkami kabelů, nelze AS2b provozovat, neboť v uzlu U14 (předávací místo) je zvýšené napětí přesahující 6%. Dodavatel tudíž musí komplexně zvážit ekonomiku připojení na základě místních poměrů, nákladů a výčtu možností připojení do sítě. Tento výčet předkládá příslušný PDS, jenž může rozhodnout o způsobu provozování (pouze bod U2, U6 při rozpojení sítě v U14).

3.2 Posouzení výkonů dodávajících do distribuční sítě vn

Do sítě vn se připojují již zdroje z kategorie velkých VtE (až jednotky megawattů). Pro tento případ byl opět zvolen současný zdroj se zkráceným názvem Kmn (typ Vestas V90 –

tížení pro simulace se omezí na zimní, lépe však na letní měření rozvodu (Z1, Z2). Celková délka vedení k předávacímu bodu U9 je více než 21 km. Při posuzování zpětných vlivů je nutné respektovat i další hlediska dotčených úseků v rámci nadřazení sítě ve společnosti PDS, které poskytují vstupní podklady pro simulace. Vychází se ze základních a náhradních způsobů zapojení, napájení linek vn (vypínače SP1, SP2 – přepojení na další možné stavy provozu). V tab. 4 jsou uvedeny výsledky výpočtů zpětných vlivů a výsledky simulací v programu E-vlivy. Opět je na první pohled patrný rozdíl v přístupu k vlastnímu posouzení z hlediska výpočtu a simulace. Výpočet předkládá přijatelné zpětné ovlivnění zdrojem, bude-li hodnota S_{Amax} rovna hodnotě 1,345 MV·A. Červeně jsou označeny hodnoty nevýznamně překračující přípustné parametry. Protože jde o VtE, která je již v provozu, je možné porovnat některé tyto simulované parametry se skutečně naměřenými hodnotami [9]. Při analýze naměřených hodnot nebyl zjištěn žádný negativní vliv na síť vn 21. Sníží-li se však instalovaný výkon VtE v programu na hodnotu 1,345 MV·A, hodnota Δu klesne na přibližně stejnou hodnotu jako u výpočtu. Příčinou nadměrné změny napětí Δu pro VtE 2 MW je délka vedení AlFe (linka vn 21) asi 1,2 km při příliš malém průřezu ($S \leq 42 \text{ mm}^2$). U vn by tedy bylo pro simulační model nutné eliminovat slabá místa



Obr. 4. Schéma stávajícího zapojení s VtE K2 a s jeho zdrojem harmonických proudů Z1

2 MW) [9], který je napojen přes linku vn 21 do transformovny 110/22 kV. V simulaci jsou bílou barvou podbarveny další zdroje, na které již byly evidovány nové žádosti.

Problémem sítě vn v jakýchkoliv simulacích je nerovnoměrné rozložení zátěže. DTS jsou nepravidelně a s různou hustotou rozmístěny podél vedení vn. Protože konkrétní velikosti odběrů jednotlivých DTS nejsou známy, využívají se jen dostupná data z řídicího systému PDS. Vstupní data o za-

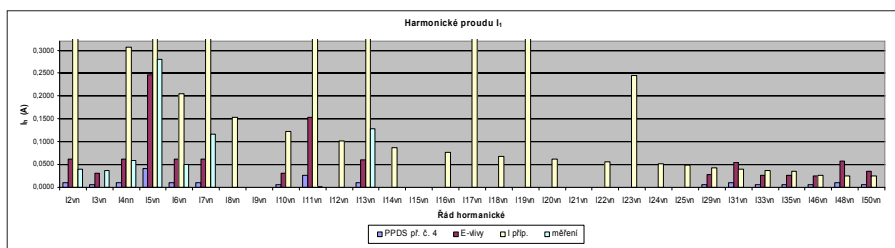
dané linky vn 21 (tedy $S \leq 42 \text{ mm}^2$) a nahradit je vodiči s průřezem alespoň 110 mm^2 .

V tomto případě již bylo možné se lépe zaměřit na vyšší harmonické emitované zdrojem VtE. Z ověřovacího protokolu [8] byly zjištěny procentuální velikosti vztahované k proudu základní harmonické. Tyto hodnoty bylo nutné pomocí jmenovitého výkonu přepočítat na příslušnou napěťovou hladinu sítě vn. Podrobné postupy a výsledky jsou uvedeny opět v [9]. Graf na obr. 5 představuje hodnoty zjiš-

těné z výpočtů podle [9] a ze simulace pomocí programu *E-vlivy* (viz obr. 4 – zdroj harmonických ZII získaný z datového listu VtE) a z měření. Žluté sloupce představují povolené emisní limity (některé nejsou v grafu zobrazeny úplně vzhledem k jejich velkým hodnotám). Problém zde však představují simulované hodnoty harmonických >31, které již překračují emisní limity dané výpočty podle [9]. Důvodem zřej-

Napětí

Výsledky výpočtů, simulací a měřením na nn, ukazují při respektování současného zatížení na překročení změny napětí Δu_{ers} a zvýšené napětí Δu . U VtE AS1 v přípojném bodě U6 jsou to více než 3%. Nápravná opatření s celkovým kladným vyjádřením jsou u nn patrná z obr. 2, kdy je možné provozovat novou VtE i současně VtE i s větším



Obr. 5. Graf porovnání emitovaných vyšších harmonických proudů

mě bude frekvenční charakteristika U9, kde se skokově velmi mění impedance právě mezi 40. a 50. harmonickou (emise doloženy ověřovacím protokolem). Podle platné legislativy se měří pouze do 25. harmonické, tudíž nelze tuto skutečnost ověřit. Je nutné též brát v úvahu vliv transformátoru 22/0,4 kV, Dyn, díky němuž jsou harmonické, které jsou násobkem čísla tři (základní harmonické), eliminovány. Skutečné znečištění vyššími harmonickými by mělo být ověřeno opět měřením (pouze samostatná VtE – ostrovní provoz).

4. Závěr

Článek ukazuje, jakým způsobem se postupuje, je-li po PDS požadováno posouzení zpětného ovlivnění sítě jakoukoliv výrobnou elektrickou energií podle [5] až [7]. Metoda výpočtů je náročná, ovšem použitelná pouze do určitého počtu zdrojů. Metoda simulací pomocí programu *E-vlivy* je naproti tomu mnohem rychlejší a poskytuje širokou variabilitu při žádaném dosažení optimálního instalovaného výkonu VtE či jiných zdrojů. V článku jsou z hlediska připojení (se zaměřením na výpočet zpětných vlivů) posouzeny VtE připojené do napěťových hladin nn a vn. S ohledem na porovnání správnosti výsledků byly zvoleny vícepolehové výpočetní a simulační metody v lokalitách, kde byly i skutečně měřeny zpětné vlivy. Obě metody se v konečném důsledku doplňují, a je tedy možné využít oba způsoby. Program *E-vlivy* představuje mnohem pohodlnější, rychlejší a variabilnější přístup ke konečnému řešení.

rozsahem hodnot účinníku. Na hladině vn výsledky výpočtů i měření ukazují, v současném stavu s respektováním pouze celkového zatížení rozveden, na nepřekročení zvýšeného napětí Δu VtE o výkonu 2 MW v přípojném bodě U9 o více než 2%, zatímco simulační model ukazuje na mírné překročení parametru Δu_{ers} a Δu . Negativní vliv je možné snížit zvětšením průřezu vodičů v kritickém úseku vedení vn.

Flikr

Výsledný činitel flikru překračuje stanovené limity na nn v U6 a v U13; v U2 jsou limity již v toleranci. Na vn v současném stavu sítě nejsou limity překračovány ani v případě výpočtů, ani v případě simulačního modelu, nejsou tudíž nutná žádná opatření pro jejich snížení.

Vyšší harmonické

Nadměrnou produkci vyšších harmonických proudů u VtE připojených na nn nelze vyhodnotit z důvodu absence ověřovacích protokolů zařízení VtE. Pro vlastní měření jsou stanoveny pouze přípustné emisní limity, které nesmí být skutečnými hodnotami vyšších harmonických překročeny (zjištěné následným měřením). Na hladině vn jsou výsledné hodnoty výpočtů, simulace i měření uvedeny v [9], grafické porovnání s vypočítanými přípustnými hodnotami je patrné z obr. 5.

Zanedbají-li se u vyšších harmonických proudů násobky tří základní harmonické vlivem zapojení primárního vinutí u T2 (22/0,4 kV, Dyn), jsou meze překro-



Ing. Michal Konč ukončil v roce 2008 studium na DFJP v Pardubicích s elektrotechnickým zaměřením. Od roku 1995 pracoval ve VČE, a. s., kde se věnoval problematice provozu sítí, bilanci a ztrát. Od roku 2006 pracuje ve společnosti ČEZ Distribuce, a. s., v úseku Řízení sítí se zaměřením na hodnocení kvality a spolehlivosti sítí PDS.



doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D., vystudoval v letech 1994 až 1999 obor elektrická zařízení v dopravě na DFJP, Univerzity Pardubice. V roce 2000 až 2001

byl projektantem u OEZ Letohrad, a. s. V období let 2001 až 2006 studoval postgraduálně obor dopravní infrastruktura – elektrotechnika a od roku 2002 do 2003 byl studentem LIC Sydney Austrálie. V roce 2004 se stal odborným asistentem na katedře elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky na DFJP, kde působí od roku 2009 jako docent. V současnosti se věnuje výzkumu v oblasti elektromagnetické kompatibility elektrických pohonů a zabývá se simulacemi pro drážní systémy a energetiku.

čeny pouze u 31. a 50. harmonické. Tuto skutečnost by bylo zajímavé prověřit měřeními v praxi.

HDO

Signál HDO, jak bylo určeno na základě simulačních modelů, není v žádném z případů, a to ani na nn, ani na vn, nadměrně ovlivněn.

Literatura:

- [1] *Bezpečná integrace OZE do ES ČR*. Tisková konference ČSRES, 10. 03. 2010.
- [2] <http://bids.cz/fines/20091102-439-VtE-v-CR-k-1.6.2009.pdf> (26. 03. 2010).
- [3] HOŠEK, J.: *Využití větrné energie v ČR*. ČK konference CIRED, 2007.
- [4] VELEK, V.: *Očekávané dopady vstřikování velkých výkonů větrných elektráren do distribuční a přenosové soustavy*. ČK konference CIRED, 2006.
- [5] *Pravidla provozování distribučních soustav*. Příloha 4, pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele distribuční soustavy, 2006.
- [6] ČSN EN 50160 *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*.
- [7] PNE 33 3430-0 *Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů distribučních soustav*.
- [8] *Technická specifikace stroje*. V90-2 MW, gen. specifikace 14.01.2004 950019.R2.
- [9] KONČ, M.: *Simulace provozu VtE s ohledem na připojovací podmínky PDS*. ČK konference CIRED, 2009.

The paper deals with utilization of wind energy as renewable resource of electric energy generated by wind power plants, their connectivity options and their operating within an electrical energy distribution network. The emphasis is laying particularly on resource influence in electrical energy distribution networks which will be evaluated using the E-vlivy program by EGC – EnerGoConsult ČB, Ltd. The simulation results are compared with manual calculation and with the obtained measurements of electric energy quality parameters.