

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vliv zahraničních větrných elektráren na přenosovou
soustavu České republiky**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš HRABA**
Osobní číslo: **E11B0024P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Vliv zahraničních větrných elektráren na přenosovou soustavu České republiky**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte obecný rozbor teorie regulace U a Q.
2. Popište zahraniční zdroje z hlediska možnosti ovlivnění soustavy ČR.
3. Uveďte možnosti ochrany před výše uvedenými vlivy.
4. Zpracujte obecné závěry.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Jiřina Mertlová, CSc.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na rozbor problematiky vlivu zahraničních větrných elektráren na přenosovou soustavu České republiky. V první kapitole jsou uvedeny možnosti, které má dispečer společnosti ČEPS v případě, že dojde k nadbytkům přenášeného výkonu naší přenosovou soustavou. V následující kapitole je osvětlen důvod, proč vznikají problémy na našem území při nadvýrobě větrných elektráren v Německu. Dále navazuje kapitola, kde popisují možnosti, kterými by se daly dané problémy řešit. V závěrečné kapitole popisují omezovací podmínky daných řešení.

Klíčová slova

Německé větrné elektrárny, přenosová soustava, provozovatel přenosové soustavy, přetoky energie, nadvýroba energie, obnovitelné zdroje energie.

Abstract

This bachelor work focuses on the analysis of the problem of the impact foreign wind power plants to the transmission system of the Czech republic. In the first chapter there is stated the possibilities which has the dispatcher of CEPS in case that there is the surplus of transferred power through our transmission grid. In the next chapter is explained why arise problems in our country while the surplus production wind power plants in Germany. After that continues the chapter, where I describe the possibilities how could be solved these problems. The final chapter describes the restrictive conditions of the solution.

Key words

German wind power plants, transmission system, operator of the transmission system, overflows of the energy, overproduction of the energy, renewable sources of the energy.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 4.6.2014

Tomáš Hraba

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří byli nápomocni při zpracování mé bakalářské práce. Zvláště pak vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Jiřině Mertlové, CSc., že byla vždy velmi ochotna při poskytování materiálů a udělování praktických rad. Dále pak konzultantovi Ing. Richardu Habrychovi, Ph.D., který mi byl po celou dobu nápomocen, za jeho trpělivost, ochotu, užitečné rady a poskytnuté materiály. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat Kateřině Otrubčíákové za korekturu textu.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD.....	10
1 DISPEČERSKÉ ŘEŠENÍ PROBLÉMOVÝCH SITUACÍ V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ, VYVOLANÝCH NADVÝROBOU VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN V SRN.....	11
1.1 REDISPEČINK:	12
1.2 REKONFIGURACE:	12
1.3 REGULACE U A Q:.....	12
1.3.1 Primární regulace – PRN.....	13
1.3.2 Sekundární regulace.....	13
1.3.3 Terciární regulace – TRN.....	15
2 PŘÍČINY VZNIKU PROBLÉMŮ V NAŠÍ PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ	15
2.1 SYNCHRONNÍ PROPOJENÍ ELEKTRIZAČNÍCH SOUSTAV KONTINENTÁLNÍ EVROPY.....	15
2.2 PŘETĚŽOVÁNÍ SLABÝCH PROFILŮ V NAŠÍ SOUSTAVĚ	16
2.3 MASIVNÍ NÁRŮST OZE V SRN ZVLÁŠTĚ PAK VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	17
2.3.1 Budoucnost větrné energetiky	18
2.4 PROMĚNLIVÝ VÝKON VTE.....	22
2.5 SPOLEČNÝ TRH S ELEKTRINOU MEZI SRN A RAKOUSKEM.....	26
2.6 NEDOSTATEČNÉ PŘENOSOVÉ KAPACITY MEZI SEVEREM A JIHEM NĚMECKA....	27
2.7 PROVOZOVATELÉ PŘENOSOVÝCH SOUSTAV V NĚMECKU NEJSOU NUCENI DĚLAT POTŘEBNÉ KROKY PRO OMEZENÍ PROBLÉMŮ VZNIKAJÍCÍCH V NAŠÍ SOUSTAVĚ	27
2.8 OBCHODNÍ ZÁJMY PROVOZOVATELŮ PŘENOSOVÝCH SOUSTAV V NĚMECKU...27	
2.9 PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNY JSOU SITUOVÁNY UVNITŘ RAKOUSKA	28
2.10 DALŠÍ	29
3 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ	29
3.1 ROZŠÍŘENÍ KAPACITY A MODERNIZACE PŘENOSOVÝCH SOUSTAV	29

3.1.1	V Německu.....	29
3.1.2	V České republice.....	31
3.2	PODMOŘSKÉ KABELY SPOJUJÍCÍ NĚMECKOU SÍŤ S NORSKEM.....	31
3.3	INTENZIVNĚJŠÍ SPOLUPRÁCE PROVOZOVATELŮ PŘENOSOVÝCH SOUSTAV V EVROPĚ A VYŠŠÍ FUNKCE DISPEČERSKÉHO ŘÍZENÍ.....	32
3.4	INSTALACE TRANSFORMÁTORŮ S REGULACÍ FÁZE (PST)	33
3.5	VIRTUÁLNÍ TRANSFORMÁTOR	33
3.6	AKUMULACE ENERGIE PRODUKOVANÉ VĚTRNÝMI ELEKTRÁRNAMI	34
3.6.1	<i>Energie akumulovaná v samotných větrných elektrárnách.....</i>	34
3.6.2	<i>Energie akumulovaná za pomoci přečerpávacích vodních elektráren</i>	35
3.7	DALŠÍ MOŽNOSTI ZLEPŠENÍ SITUACE	36
4	KOMPLIKACE V REALIZOVÁNÍ POPSANÝCH NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ	37
4.1	PROBLEMATIKA VÝSTAVBY NOVÝCH ÚSEKŮ VEDENÍ	37
4.2	MNOHEM RYCHLEJŠÍ VÝSTAVBA NOVÝCH ZDROJŮ NEŽ NOVÝCH VEDENÍ.....	37
4.3	OSOBNÍ ZÁJMY JEDNOTLIVÝCH ČLENŮ SDRUŽENÍ ENTSO-E	38
4.4	FINANCOVÁNÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ	38
4.5	VÝZKUM PŘENOSOVÝCH A DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV	38
4.6	VYSOKÉ INVESTICE DO NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	39
4.7	NĚMECKÁ NEÚSTUPNOST	39
4.8	NĚMECKÉ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY V RUKÁCH NADNÁRODNÍCH SPOLEČNOSTÍ.....	40
	ZÁVĚR.....	41
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	42

Seznam symbolů a zkratk

50Hertz	Provozovatel přenosové soustavy ve východním Německu
APG	Provozovatel přenosové soustavy v Rakousku
Amprion	Provozovatel přenosové soustavy v západním Německu
Benelux	Zkratka zahrnující Belgii, Nizozemsko a Lucembursko
ČEPS	Provozovatel přenosové soustavy v České republice
ČEZ	Výrobce, distributor a prodejce elektřiny v České republice
ČR	Česká republika
ENTSO-E	European network of transmission system operators for electricity
ES	Elektrizační soustava
FVE	Fotovoltaické elektrárny
NDR	Německá demokratická republika
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PS	Přenosová soustava
PSE	Provozovatel přenosové soustavy v Polsku
PPS	Provozovatel přenosové soustavy
PST	Phase shift transformer
Q	Jalový výkon [VAr]
SEPS	Provozovatel přenosové soustavy na Slovensku
SRN	Spolková republika Německo
TenneT	Provozovatel přenosové soustavy propojující sever a jih Německa
Transnet BW	Provozovatel přenosové soustavy na jihozápadě Německa
U	Napětí [V]
VTE	Větrné elektrárny

Úvod

Téma ovlivňování naší přenosové soustavy zahraničními větrnými elektrárnami, které je v posledních letech nejen mediálně velice často frekventované, ale vedou se kvůli němu také debaty na mezinárodní politické úrovni a zabývají se jím specialisté přenosových soustav, jsem si pro svou bakalářskou práci zvolil z toho důvodu, že je tato problematika stále velice aktuální a s velkou pravděpodobností tomu nebude jinak ani v budoucnosti.

Pokud bude Evropa pokračovat v aktuálním trendu přeměny energetických zdrojů, tak s dalším rozvojem OZE, potažmo větrných elektráren, musíme počítat. S tím je také neodmyslitelně spjata problematika přenosu takto vyrobené, těžko predikovatelné a tudíž špatně regulovatelné energie. Tomuto úskalí budeme muset v budoucnosti čelit a vymyslet účinné způsoby, jak problémové situace řešit.

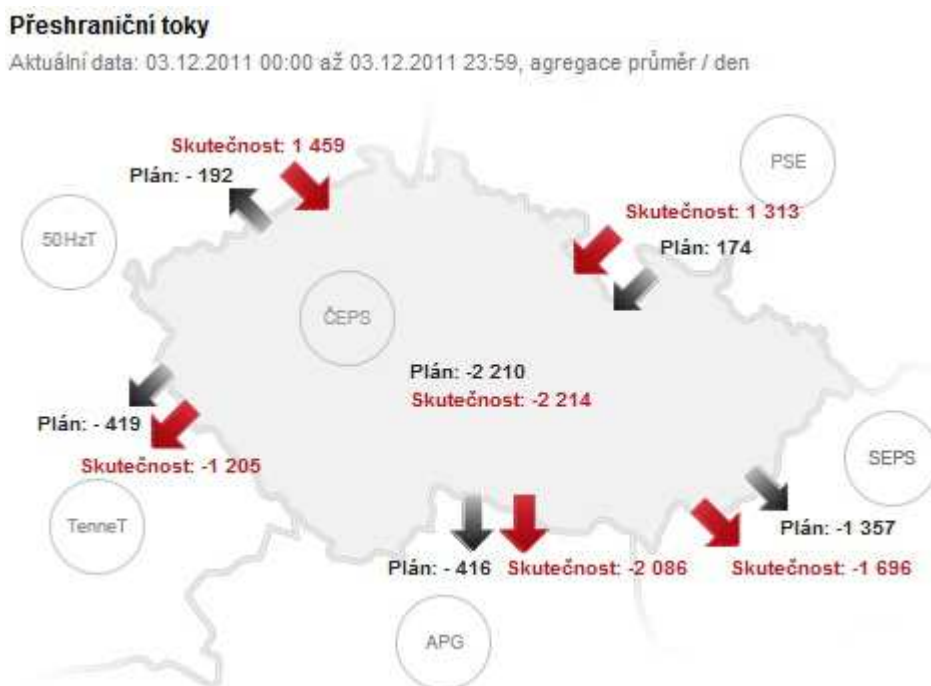
Svou práci bych zaměřil na vysvětlení toho, jakým způsobem dochází k ovlivňování naší přenosové soustavy zahraničními větrnými elektrárnami, dále bych podrobně popsal možné způsoby ochrany před těmito vlivy a nakonec vysvětlil omezující podmínky, které ve skutečnosti brání účinnému řešení situace.

Naší přenosovou soustavu ovlivňují především větrné elektrárny instalované v sousední Spolkové republice Německo a zvláště pak větrné elektrárny spadající pod německého provozovatele přenosové soustavy 50Hertz. V textu se tedy budu zabírat hlavně větrnými elektrárnami spadajícími do působnosti tohoto provozovatele německé přenosové soustavy.

Vzhledem k tomu, že jde o téma, které má velice dynamický vývoj a prakticky se situace ve vyjednávání o způsobech řešení problémů neustále mění, často jsem byl nucen shromažďovat materiály o dané problematice z internetových mediálních zdrojů. Zde ovšem působí řada specialistů z oboru energetiky. Jedná se tak podle mého názoru o zdroje relevantní a vzhledem k jejich aktuálnosti jsou tak přínosem pro moji práci.

1 Dispečerské řešení problémových situací v přenosové soustavě, vyvolaných nadvýrobou větrných elektráren v SRN

Dispečerské řízení, které je součástí technického dispečinku ČEPS, se stará o uskutečnění základní úlohy společnosti ČEPS, tedy k zajištění bezpečného a spolehlivého provozu elektrizační soustavy.[1] Jeho fungování je závislé na predikci počasí, která je v dnešní době již na velmi vysoké úrovni. Někdy se však nedaří naplánovat výměnu toků elektrické energie se zahraničím a vznikají tak problémové situace, kdy v některých kritických případech přitéká do Česka od sousedů až 3 500 megawatt elektřiny. Jeden z takovýchto problémových stavů, kdy se Česká republika ocitla až na samé hranici blackoutu nastal ke konci roku 2011.[2] Porovnání plánované výměny elektrického výkonu mezi PPS ČEPS a 50Hertz a jeho skutečnému toku v problémovém období ke konci roku 2011 je vidět např. na Obr. 1.1, kdy dne 3.12.2011 místo plánovaného přenášeného výkonu 192 MW ve směru z českého území nakonec ve skutečnosti přitékalo na naše území z německé strany 1459 MW. Podobně tomu bylo i při výměně toků s Polskou stranou.



Obr. 1.1 Přeshraniční toky ze dne 3.12.2011 [3]

V problémové dny, při nadvýrobě větrných elektráren umístěných v SRN a době kdy není dodrženo kritérium n-1, charakterizující stav přenosové soustavy, kdy je PS schopna spolehlivě pracovat i po výpadku nějaké části PS jako např. vedení, transformátoru nebo celého elektrárenského bloku pracujícího do PS[4], se o řešení problémů stará dispečerské řízení ČEPS. Nástroje dispečerského řízení, které může ČEPS použít za výše uvedených podmínek jsou: redispečink, rekonfigurace a regulace U a Q.

1.1 Redispečink:

Je situace, kdy dispečer společnosti ČEPS mění výkon vyráběný v konkrétních elektrárenských blocích, což odlehčí přetěžovanou část přenosové soustavy.[5]

1.2 Rekonfigurace:

Je opatření, kdy dojde ke změnám v zapojení sítě, které omezí riziko přetížení některých slabých částí vedení.[5]

1.3 Regulace U a Q:

Napětí a jalový výkon jsou spolu z hlediska provozu elektrizační soustavy silně spřaženy. Regulace těchto veličin spadá do poskytovaných služeb podpory a systému a její kvalita je průběžně sledována a vyhodnocována. Na rozdíl od frekvence jsou U a Q lokálně regulovatelné veličiny.

V přenosové soustavě České republiky došlo k přijetí strategie pilotních uzlů. Jako akční prvky pro regulaci zde slouží injekce jalových výkonů do uzlů se správným citlivostním poměrem ve vztahu k pilotnímu uzlu. Jako zdroj těchto jalových výkonů slouží synchronní generátory, regulační transformátory a statická a dynamická kompenzační zařízení. Uvedené prvky jsou postupně digitalizovány z důvodu snahy o realizaci složitějších a lépe koordinovaných algoritmů řízení. Prakticky jsou vybavovány digitálními přístroji, které umožňují dispečersky ovládat kompenzační zařízení a efektivněji tak řešit krizové situace.

Řízení U a Q se člení na primární – v rámci jednoho bloku výroby (elektrárny, teplárny atd.), sekundární – v rámci jednoho uzlu soustavy a terciární úroveň – v rámci celé regulované soustavy.[6]

1.3.1 Primární regulace – PRN

Jedná se o regulaci, která pomocí změny buzení reguluje svorkové napětí generátoru. Její působení je lokální a přímo ovlivňuje stabilitu celého systému za pomoci nastavení limitních hodnot, které jsou dány maximálním statorovým a rotorovým proudem nebo mezí buzení. Tyto limitní hodnoty jsou omezení vyplývající z provozního diagramu generátoru, u něhož v přebuzeném stavu fungují jako hranice, za kterou již není možno poměr vyráběného jalového a činného výkonu dále posunout. Primární regulace vykazuje odezvu na změny zátěže v rozsahu přibližně 1 až 2 sekundy.[6]

1.3.2 Sekundární regulace

Je podmnožinou terciární regulace a jejím úkolem je koordinace prvků regulace v daném místě na základě požadavků kladených terciární regulací. Ve vybraných uzlech ES udržuje předepsanou hodnotu napětí a přiřazuje produkovaný jalový výkon jednotlivým strojům. Koncová doba sekundární regulace je udržována pod hodnotou 120 sekund. Sekundární regulace U a Q – automatizovaná sekundární regulace zvaná ASRU – se dělí na:

1.3.2.1 Automatické regulátory napětí – ARN

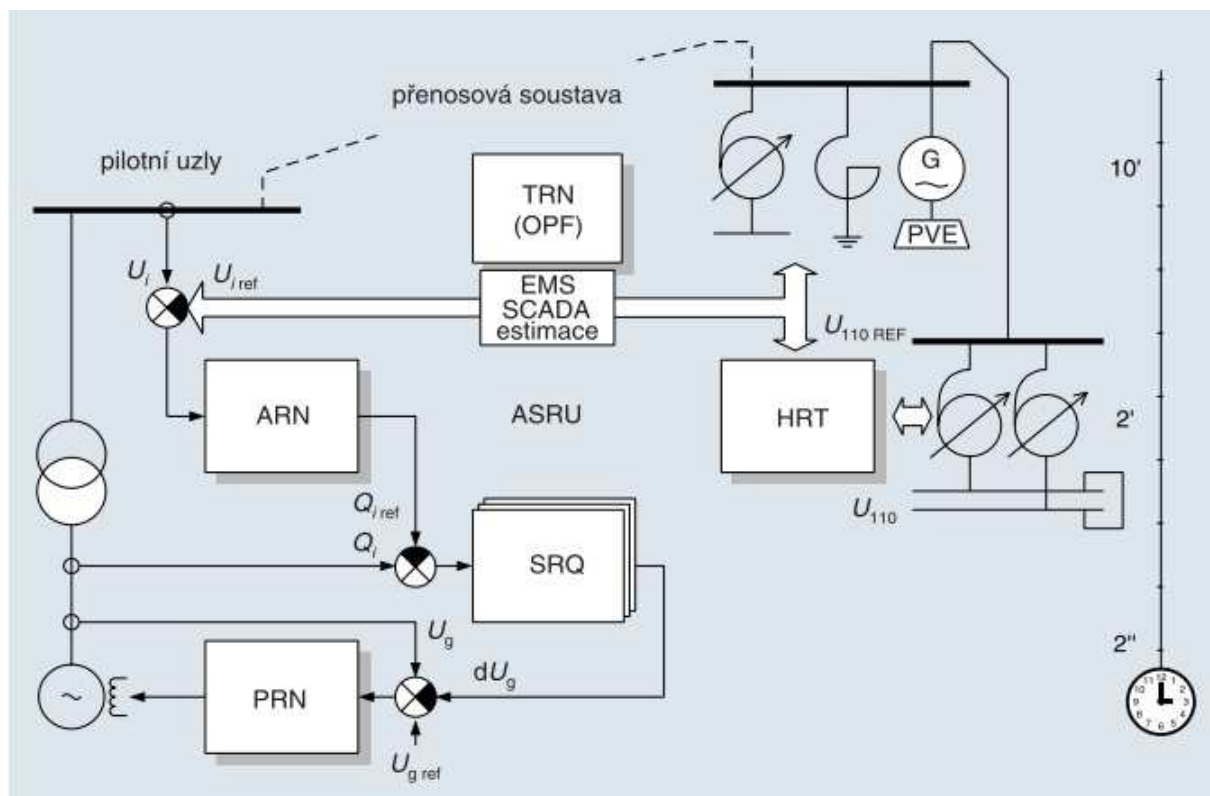
Pokud dojde v pilotním uzlu ES k odchylce napětí od požadované hodnoty, zareagují ARN na tuto odchylku tak, že určí potřebný jalový výkon na její vyrovnání.[6]

1.3.2.2 Sekundární regulace jalového výkonu – SRQ

S její pomocí se mění hodnota vyráběného jalového výkonu pro vyrovnání odchylky napětí v ARN.[6]

1.3.2.3 Automatické regulátory odboček síťových transformátorů: hladinová regulace transformátorů – HRT

Jejím úkolem je udržení hladiny napětí na sekundární straně v rámci požadované hodnoty.[6]



Obr. 1.2 Blokové schéma ASRU [6]

1.3.3 Terciární regulace – TRN

Jde o nadřazenou službu, která zastává koordinaci toků jalových výkonů a hodnoty napětí z hlediska bezpečnosti a ekonomičnosti provozu ES jako celku. Aby byl zachován bezpečný chod přenosové soustavy, musí být k dispozici točivá rezerva jalového výkonu rozmístěná v síti vyváženým a vhodným způsobem, tak aby tento jalový výkon vystačil jak na běžný provozní stav, tak i na výjimečné situace jako je např. změna topologie sítě nebo výpadek bloku elektrárny. TRN zajišťuje udržení optimálního provozu za pomoci určení daných hodnot napětí pro ARN v místech pilotních uzlů, nejvýhodnějším složením prostředků pro kompenzaci, popřípadě pozměněním převodu zvolených transformátorů, jež ovlivňují způsob průtoku jalového výkonu mezi jednotlivými úrovněmi napětí.[6]

2 Příčiny vzniku problémů v naší přenosové soustavě

2.1 Synchronní propojení elektrizačních soustav kontinentální Evropy

Instalovaný výkon obnovitelných zdrojů – a to hlavně VTE a FVE - v Německu neustále narůstá. Nepravidelný výkon zvláště u VTE pak, z důvodu synchronního propojení elektrizačních soustav, způsobuje problémy v české přenosové soustavě.

V dnešní době synchronní propojení ES v Evropě zahrnuje celou západní a střední část evropského kontinentu a to ve směru od Portugalska do Polska a od Dánska do Řecka.[7] V současné době se dále uvažuje o dalším rozšíření tohoto provázaného systému na východ a to zvláště do pobaltských států, Ukrajiny, Moldavska a Turecka. Od 18. září 2010 probíhá zkušební provoz synchronního propojení s Tureckem.[8]

Propojení ES synchronním způsobem umožnilo realizaci:

- intenzivního obchodu s elektřinou napříč celou Evropou, jehož objem se neustále navyšuje
- transport elektřiny vyrobené z OZE a to i do vzdálených míst její spotřeby, což je vidět

na Obr. 2.1, kde si můžeme všimnout, že přebytky elektrické energie ze severu Německa jsou transportovány skrze přenosové soustavy, které elektrině stojí v cestě hlavně do Rakouska a na jihovýchod Evropy, kde je elektrické energie naopak nedostatek



Obr. 2.1 Transport přebytků výkonu z místa přebytku na místo nedostatku [5]

V původní koncepci nebyla evropská energetika vystavěna pro přenosy velkého množství elektrické energie na dlouhou vzdálenost, ale elektrárny byly stavěny pro pokrytí lokálních míst spotřeby. S nástupem OZE ovšem došlo ke změně vzájemného rozmístění výroby a spotřeby elektřiny v evropském kontextu, a tak mnozí provozovatelé přenosových soustav, jejichž sítě slouží jako tranzitní cesty, stále častěji musí čelit nebezpečným provozním situacím. Vzhledem k poloze ČR slouží její přenosová soustava jako tranzitní systém spojující jednotlivé soustavy v samém středu kontinentální Evropy, je tak výše popsaným vlivům vystavena mnohem více, než okrajové části Evropy.[7]

2.2 Přetěžování slabých profilů v naší soustavě

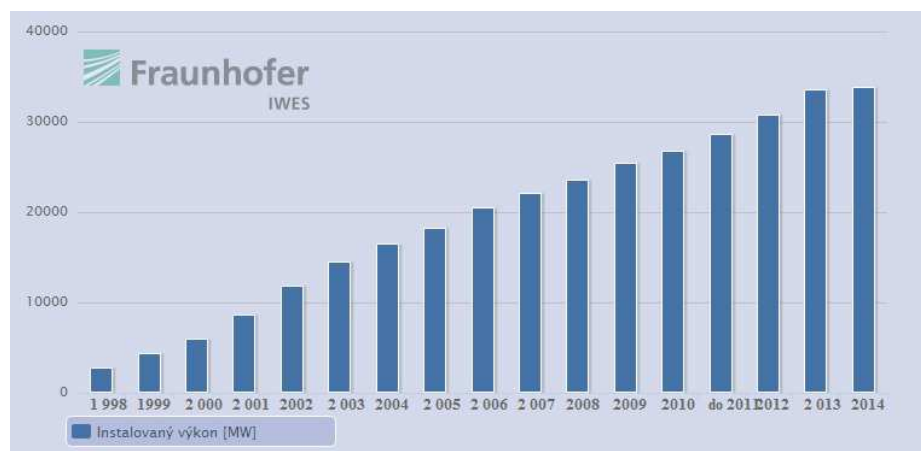
Jedním z hlavních důvodů, proč na naší straně vznikají problémy při nadvýrobě VTE

v SRN je přetěžování slabých profilů naší elektrizační soustavy. Tato slabá místa, jak by se mohlo zdát, však nemusejí být jen na hraničních profilech, ale mohou se vyskytovat i mnoho kilometrů za nimi.[7] Jedná se např. o oblasti mezi rozvodnami: Vítkov – Přeštice – Kočín, kde se také provozovatel české přenosové soustavy ČEPS chystá do roku 2025 posílit tato vedení, jedním z důvodů je také to, aby byl zajištěn spolehlivý provoz i při tranzitních výkonových přetocích přes naší přenosovou soustavu.[9]

2.3 Masivní nárůst OZE v SRN zvláště pak větrných elektráren

Necelý čtvrt rok po havárii japonské jaderné elektrárny ve Fukušimě se Německo rozhodlo, že do roku 2022 odstaví všechny své jaderné elektrárny[10]. Výkonový deficit způsobený odstavením těchto výroben elektrické energie z provozu je potřeba však něčím nahradit. Německo se rozhodlo investovat do rozvoje obnovitelných zdrojů energie a tak nastává velký rozmach větrných elektráren umístěných převážně na severu Evropy.

V roce 2012 překročil instalovaný výkon německých větrných elektráren 30 GW a dále roste[11], k čemuž přispívá také politika, protože dnes se v podstatě vyplatí stavět pouze dotované zdroje elektrické energie jako jsou VTE a FVE. Je tomu tak z toho důvodu, že hodnota silové elektřiny na německém trhu je oproti elektřině z OZE pod hodnotou, která by zajišťovala spolehlivou návratnost vložených nákladů do nedotovaných výroben elektřiny[7]. Vývoj instalovaného výkonu větrných elektráren v Německu si můžeme prohlédnout na Obr. 2.2.



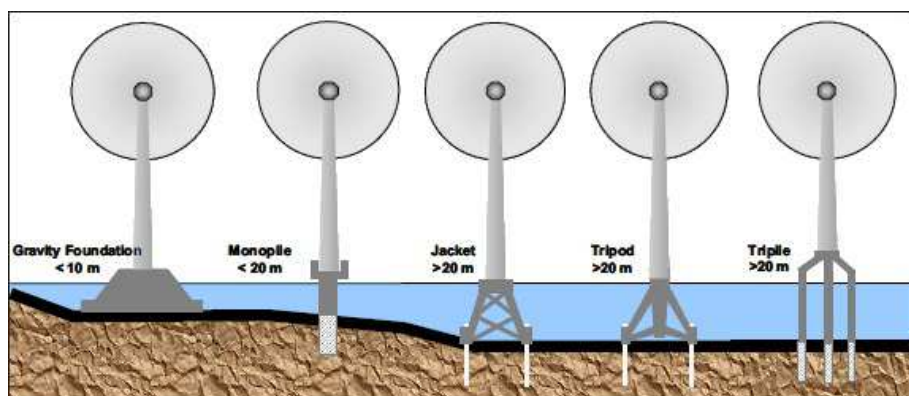
Obr. 2.2 Instalovaný výkon německých větrných elektráren v MW [12]

2.3.1 Budoucnost větrné energetiky

Ve větrné energetice se setkáváme se třemi typy větrných elektráren dle jejich umístění a to jsou: suchozemské (onshore), pobřežní (offshore) a nově také plovoucí vodní elektrárny, tedy elektrárny umístěné na širém moři. Dle kvalifikovaných odhadů budou v příštích 15 letech pokrývat větrné elektrárny instalované na pevnině asi 80% celkové větrné kapacity[13], ale vzhledem k tomu, že v dnešní době rozvoj suchozemských větrných elektráren v rámci Evropy pravděpodobně již pomalu ztrácí svůj potenciál a to zvláště díky omezenému počtu vhodných lokací, budu zde rozebírat jen zbývající dva typy větrných elektráren. Další rozvoj onshore elektráren bude pravděpodobně možný spíše jen v rámci nahrazení starých větrných strojů novými a modernějšími stroji s vyšším výkonem a nalezení posledních možných lokalit pro jejich instalaci (v současnosti se jedná o výstavbě větrných elektráren v okolí německé dálnice A7)[14].

2.3.1.1 Offshore větrné elektrárny

Offshore nebo také pobřežní větrné elektrárny bývají dnes instalovány nejčastěji ve velkých skupinách nazývaných větrné parky. Tyto větrné elektrárny jsou vybaveny vhodnými základovými konstrukcemi, kterými jsou upevněny ke dnu na základě hloubky jejich ukotvení, což je patrné z Obr. 2.3 Větrné elektrárny realizované na území Evropy v roce 2011 jsou v průměru umístěny v hloubce okolo 23 m[13].



Obr. 2.3 Základové konstrukce offshore větrných elektráren [15]

Hlavní důvody instalace a dynamického rozvoje pobřežních VTE v Evropě jsou:

- vyšší rychlost větru v otevřeném prostoru moře
- větší stabilita větru a menší turbulence, které jsou na pevnině způsobovány nerovností terénu
- dále již zmiňované vyčerpání vhodných lokací na pevnině pro instalaci onshore větrných elektráren
- na moři je možná instalace větrných turbín s větším instalovaným výkonem než na pevnině
- VTE na moři nevyvolávají takový odpor obyvatel a ekologů jako ty umístěné na souši
- nosné konstrukce elektráren mohou posloužit jako nová stanoviště korýšů
- není potřeba tak náročného opatření proti hlučnosti
- lépe se zde předpovídají povětrnostní podmínky
- vyšší hustota vzduchu než v horských oblastech, z čehož plyne i větší výkon – viz rovnice výkonu

Na druhou stranu sebou pobřežní větrné elektrárny nesou i řadu nevýhodných aspektů. Mezi hlavní omezující vlivy patří jejich pořizovací a provozní nákladnost, o kterých svědčí také fakt, že výkupní cena energie vyrobené pomocí tohoto typu VTE je trojnásobná oproti energii vyrobené za pomoci větrných elektráren umístěných na souši[16]. Dále se zde nesmí zapomínat také na investiční rozhodování o jejich výstavbě, zahrnující rizikovou analýzu, které je mnohem komplikovanější než v případě suchozemských VTE.

Jednoduchá není ani konstrukce tohoto typu VTE, protože zařízení umístěná v agresivním prostředí mořských vod musí být odolná vůči korozním účinkům slané vody a vzduchu. Pro ochranu kovových částí zařízení je použita elektrochemická katodová ochrana, v níž jde o spojení dvou kovů – chráněného (katoda) a obětovaného (anoda). Dále jsou použity různé nátěry a žárové pokovení.

Další komplikací způsobuje připojení k energetické soustavě. Vyskytuje se zde spousta problémových úkolů, která jsou závislá na dané realizaci větrného parku a vložených investicích. Jde např. o vyvedení podmorských kabelů umožňujících přenášet výkon, přenos střídavým nebo stejnosměrným vedením a umístění transformace (ve větrném parku nebo

na pevnině).

Poměrně náročný je také servis nutný k bezproblémovému chodu mořských parků, zvláště pak, když je moře neklidné a vyskytují se na něm vysoké vlny. Pak je často samotný přechod z lodi na nosnou konstrukci zcela nemožný. V současnosti se můžeme setkat s přepravou servisních pracovníků za pomoci helikoptéry, která je prostřednictvím navijáku dopraví na gondolu. U některých projektů se zvažuje o instalaci helipadu.

Ať už převažují klady nebo zápory je bezesporné, že se jedná o obor, který v současnosti zažívá obrovskou dynamiku svého růstu[13], o čemž svědčí také fakt, že aktuálně je v Německu instalováno 628,3 MW výkonu v offshore elektrárnách, ve výstavbě je přibližně 2300 MW a plánováno je vystavět až ohromujících 40 000 MW instalovaného výkonu v tomto typu VTE[17].



Obr. 2.4 Offshore větrný park v Baltském moři [18]

2.3.1.2 Plovoucí větrné elektrárny

Plovoucí větrné elektrárny jsou zřejmě budoucností větrné energie vyráběné na moři. Dnešní pobřežní větrné parky je možné umístit pouze v mělkých vodách a to přibližně do hloubky 50 m. Potenciál míst pro výrobu větrné energie na vodě je však logicky nejvyšší

v hloubce větší, protože lokalit vhodných pro umístění větrných elektráren je tam mnohonásobně větší počet. Oproti pobřežním větrným elektrárnám se systém dále liší v ukotvení ocelové konstrukce ke dnu. Pobřežní větrné elektrárny jsou, jak je možné vidět výše, upevněny ke dnu pomocí betonové konstrukce. Avšak plovoucí větrná elektrárna je namísto zapuštění napevno do mořského dna uchycena ke dnu pouze pomocí ocelových lan, což významným způsobem snižuje náklady na její instalaci. Konstrukce těchto VTE pak probíhá v přístavu, odkud je následně pomocí tažných lodí dopravena na požadované místo. Tento způsob uvedení do provozu také snižuje náklady na instalaci a zjednodušuje ji.[19][20]

Tento typ VTE však naráží na velkou řadu technických problémů, se kterými bude potřeba se do budoucna nějakým způsobem vypořádat. Například plovoucí VTE vyráběné firmami Principle Power a Vestas mají ocelovou základnu tvořenou třemi tubusy, z nichž každý je možno libovolně napouštět vodou, podle toho, z jaké strany dopadá na turbínu proud větru. Jsou tak omezeny nepříznivé vlivy větru na konstrukci, která není zabudována přímo do mořského dna, jde například o vychylování z osy elektrárny, která by v ideálním případě měla být kolmá k vodorovné poloze Země. Elektrická energie je z jednotlivých věží vyvedena pomocí podmořských kabelů a celá síť těchto kabelů je svedena dohromady k jedné ocelové platformě, kde je umístěna transformační stanice, odkud je elektrický výkon celého parku vyveden za pomoci jediného kabelu směřujícího k pevnině[21]. Tato popsaná konstrukce je v Evropě již umístěna například 5 km od pobřeží Portugalska[19]. Můžeme si ji prohlédnout na Obr. 2.5.



Obr. 2.5 Plovoucí větrná elektrárna typu WindFloat [22]

Podrobně jsem se zde zabíral jen jedním druhem plovoucí větrné elektrárny, abych trochu osvětlil danou problematiku, ale typů dle konstrukce a firem, které se podílejí na vývoji a konstrukcích těchto zařízení je široká škála a každá z nich se s problémy okolo ukotvení, přenosu energie a udržení rovnovážného stavu vyrovnává po svém. Jmenoval bych zde například patentovaný švédský výrobek Hexicon, dále německé řešení pro základové konstrukce tzv. Gicon, francouzský Ideol a další. A to je pouze několik evropských zemí, ovšem vývojem plovoucích VTE se zabývají státy napříč celou zeměkoulí, z nichž jeden z nejvýznamnějších je např. Japonsko, které se během několika let chystá pomocí podobných strojů výkonově nahradit poničenou jadernou elektrárnu ve Fukušimě. U japonských břehů tak roste největší plovoucí elektrárna na světě[23] Vzhledem k těmto okolnostem tak pravděpodobně můžeme očekávat velký technologický vývoj těchto zařízení.

2.4 Proměnlivý výkon VTE

Vyroběný elektrický výkon pomocí větrné turbíny se řídí vztahem[24]:

$$P = \frac{\rho}{2} c_p A v^3 \quad (2.1)$$

kde

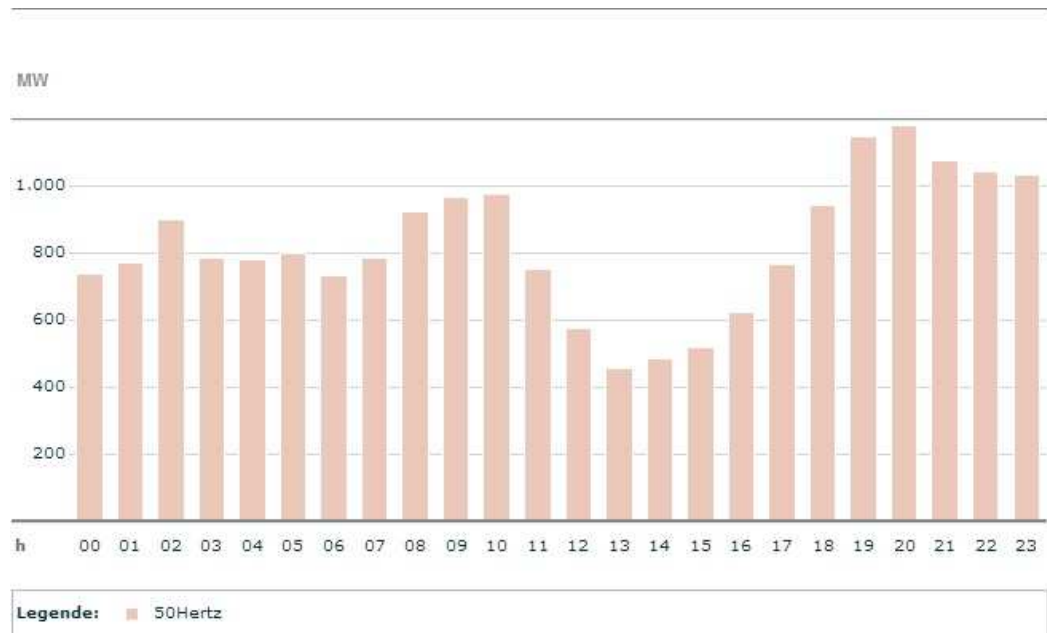
P ... výkon VTE	[W]
ρ ... hustota vzduchu	[kg.m ⁻³]
v ... rychlost proudění vzduchu	[m.s ⁻¹]
c_p ... účinnost stroje	[-]
A ... plocha rotoru	[m ²]

Ze vztahu 2.1 se tedy dozvídáme, že vyráběný elektrický výkon je závislý fakticky na čtyřech veličinách. Jednou z nich je také rychlost proudění vzduchu, která je ve vztahu ve třetí mocnině, z toho tedy vyplývá, že výkon vyráběný větrnou elektrárnou je silně závislý na rychlosti větru, který dopadá na plochu jejích lopatek. A vzhledem k tomu, že rychlost větru je vysoce proměnlivá veličina, je proměnlivý také výkon VTE. Problémové stavy v české elektrizační soustavě způsobené větrnými elektrárnami, spadajícími pod provozovatele 50Hertz se tedy dají předpovídat a kvalita jejich předpovědi je přímo úměrná

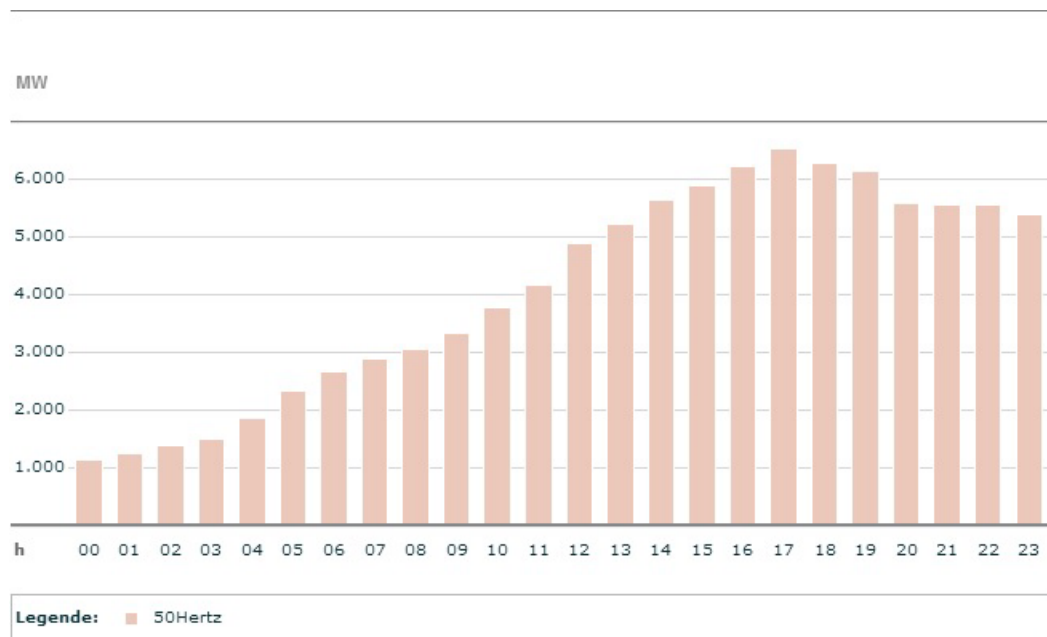
předpovědi počasí, potažmo predikované intenzitě větru v Baltském moři.

V nedávné době proběhla tiskem zpráva o možném ohrožení naší ES způsobené nadměrným výkonem německých větrných turbín, který měl vyvolat orkán Xaver. Můžeme si tak na tomto konkrétním příkladu ukázat, co měla tato zpráva za následek a jaká byla konečná realita. Ještě než orkán do Severního a baltského moře dorazil, panovaly odhady, že výkon větrných turbín se zvýší troj- až čtyřnásobně. Tento verdikt měl za následek vysoký propad ceny za elektřinu na energetické burze v německém Lipsku, kdy se cena za megawatthodinu den před příchodem orkánu propadla o 40% oproti předchozímu dni, stála tedy 31,50 EUR. Pro porovnání se pohybovala cena v sousední Francii v téže době okolo 70 EUR za megawatthodinu.[25]

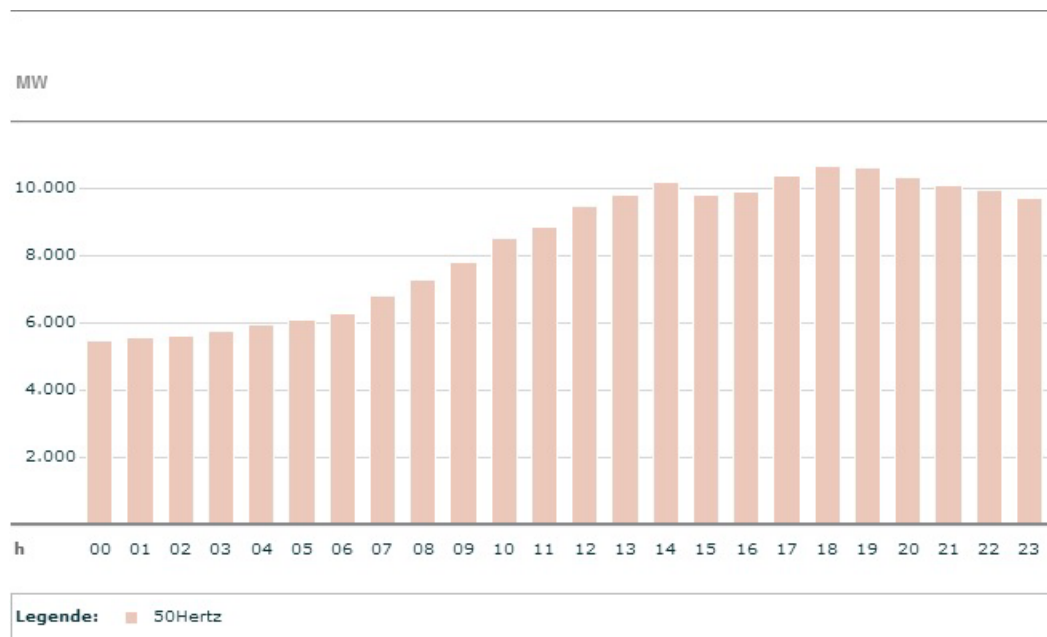
Na grafech výroby elektrické energie ve VTE spadajících pod provozovatele 50Hertz si můžeme ukázat, jaký byl průběh v období, kdy Evropu zasáhl tento ničivý orkán. Na Obr. 2.7 je výroba VTE v přenosové soustavě provozovatele 50Hertz ze dne 4.12.2013, kdy v brzkých hodinách tohoto dne dosahoval jejich výkon hodnot pouze kolem 1000 MW a v průběhu dne, kdy na pobřeží dorazil orkán, se vyráběný výkon začal postupně zvyšovat až na hodnotu kolem 6000 MW, což je hranice, která už začíná způsobovat problémy v naší síti. Na Obr. 2.8 vidíme, že v poledních hodinách dne 5.12.2013 vyráběný výkon dále rostl a odpoledne se dostal až k hodnotě 10 000 MW, což je přibližně stejně jako výkon deseti bloků jaderné elektrárny v Temelíně. Z Obr. 2.9. je patrné, že tento ohromný výkon produkovaly VTE v Baltském moři celý den 6.12.2013. K postupnému uklidnění situace pak došlo až 7.12.2013, kdy ve večerních hodinách klesl vyráběný výkon k hodnotám kolem 1500 MW – viz. Obr. 2.10. Můžeme z toho tedy vyčíst, že předpověď počasí sice upozornila na kritickou situaci poměrně včas a bylo tak možné se na ní předem připravit, ovšem oproti předem předvídanému troj- až čtyřnásobnému zvýšení výkonu došlo ve skutečnosti k desetinásobnému navýšení produkované elektrické energie než dne 3.12.2013, kdy se vyráběný výkon po většinu dne udržoval do 1000 MW. To můžeme vidět na Obr. 2.6.



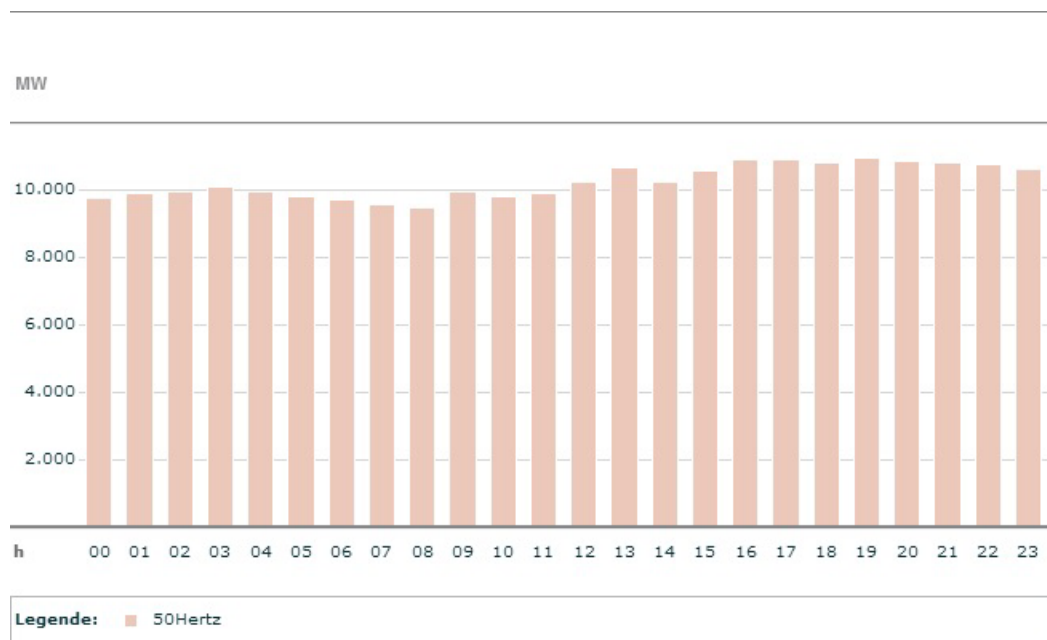
Obr. 2.6 Výroba větrných elektráren u PPS 50Hertz dne 3.12.2013 [26]



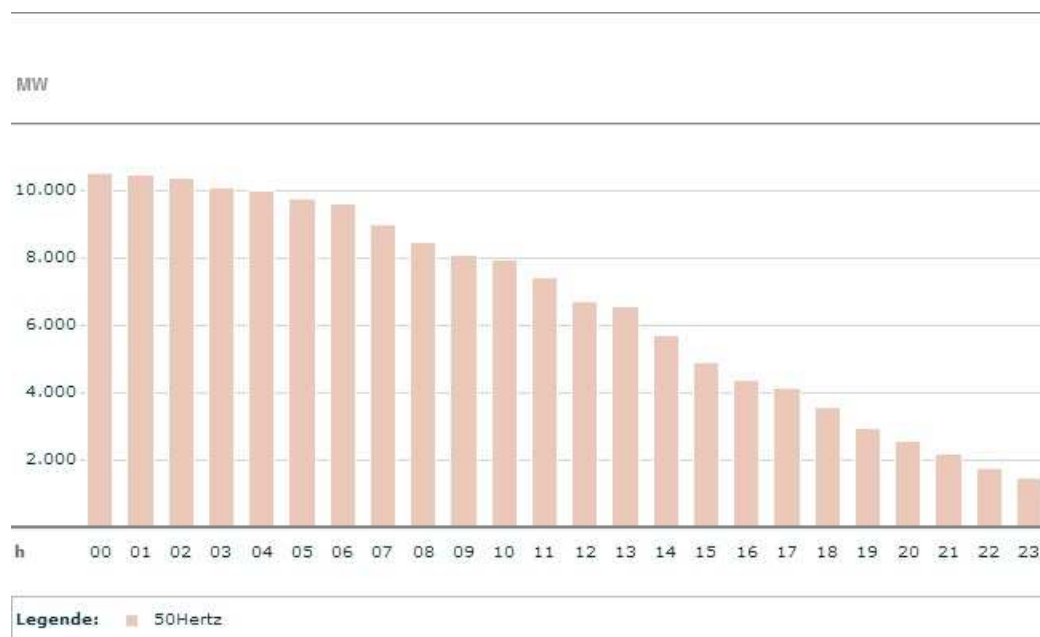
Obr. 2.7 Výroba větrných elektráren u PPS 50Hertz dne 4.12.2013 [26]



Obr. 2.8 Výroba větrných elektráren u PPS 50Hertz dne 5.12.2013 [26]



Obr. 2.9 Výroba větrných elektráren u PPS 50Hertz dne 6.12.2013 [26]



Obr. 2.10 Výroba větrných elektráren u PPS 50Hertz dne 7.12.2013 [26]

2.5 Společný trh s elektřinou mezi SRN a Rakouskem

Rakousko a Německo mezi sebou vytvořili společný trh s elektřinou, z čehož plyne, že na jejich přeshraničních profilech se nekonají aukce, jak je tomu například na hraničním profilu Německo-Česko, ale probíhá mezi nimi běžný obchod s elektřinou, jako je tomu například u jednotlivých provozovatelů přenosových soustav v Německu. Profily mezi těmito zeměmi sice mají dostatečnou kapacitu, obchodně je tedy vše v pořádku, ale problém je ve fyzikálních principech, které si nelze uzpůsobit podle potřeby. Všechna hraniční vedení 400kV mezi Německem a Rakouskem se vyskytují na západním cípu Rakouska u společných hranic se Švýcarskem, tato vedení jsou ale od centrálního Rakouska oddělena vedeními 220kV. Dále také hraniční vedení mezi provozovateli přenosových soustav v Německu (Tennet) a v Rakousku (APG) jsou vedení 220kV. Z výše uvedených důvodů se dá usoudit, že není prakticky možné přenést potřebné množství elektrické energie přímo mezi 400kV hraničními vedeními a přečerpávacími elektrárnami uvnitř Rakouska. Vedení 400kV sice mají větší přenosovou kapacitu než vedení 220kV, ovšem elektřina tuto kapacitu zcela nevyužívá, ale teče také jinými cestami, které procházejí přes naše a polské území. Pro nadvýrobu VTE není problém najít odběratele, vyskytuje se zde však problém v tom, jak přebytečnou energii do místa potřeby bezproblémově přepravit.[7]

2.6 Nedostatečné přenosové kapacity mezi severem a jihem Německa

Problém spočívá již v historii. V době budování přenosové soustavy na území dnešního Německa byla tato země rozdělena na východní a západní část, které mezi sebou nepříliš spolupracovali a to ani v rozvodu elektrické energie. Když pak došlo k propojení těchto dvou soustav, nebyla výstavba většího počtu vedení 400kV nezbytná. Avšak dnes, když tato potřeba z důvodu velké penetrace obnovitelných zdrojů nastala, již není možné provést výstavbu v potřebném čase. Dále pak k problému přispívá to, že tehdejší východní Německo bylo silně vázané na země bývalé Rady vzájemné hospodářské pomoci (RVHP), toto spojení je poměrně silné i dnes v porovnání s vazbou sítí v rámci Německa. Energie vyrobená v přenosové soustavě německého provozovatele 50Hertz (tedy provozovatele, jehož sítě jsou umístěny na území bývalé NDR) tak využívá přenosové kapacity vedlejších zemí a tedy Polska a České republiky.[7]

2.7 Provozovatelé přenosových soustav v Německu nejsou nuceni dělat potřebné kroky pro omezení problémů vznikajících v naší soustavě

Vzhledem k tomu, že je právně dána nutnost odběru elektřiny přednostně z obnovitelných zdrojů elektrické energie a odběr z těchto zdrojů se nemůže svévolně omezovat, je velmi problematické nadbytky z větrných elektráren regulovat. ČEPS tak v případě problémů ve své síti nemůže jednoduše žádat omezení výroby elektřiny, avšak je třeba za toto omezení odvést finanční náhradu. A vzhledem k tomu, že nejde o malou sumu, je východoněmecký provozovatel 50Hertz ochoten provádět změny výroby jen v případě problémů ve své soustavě. Platí tedy, že kdo o změnu požádá, musí za ni zaplatit. Jediná výjimka je zde stav, kdy ČEPS požádá o omezení výroby z důvodu přetížení přeshraničních vedení. V tomto případě je finanční náhrada rozdělena v rámci bilaterální smlouvy na půl.[5][7]

2.8 Obchodní zájmy provozovatelů přenosových soustav v Německu

Na rozdíl od české přenosové soustavy, jejímž výhradním provozovatelem je ryze státní společnost ČEPS, je německá přenosová soustava rozdělena mezi čtyři

provozovatele – TransnetBW GmbH, TenneT TSO GmbH, Amprion GmbH a již zmiňovanou společnost 50Hertz Transmission GmbH. Tito provozovatelé jsou soukromé subjekty, tedy firmy zájímající se v první řadě o vlastní zisk. Z toho také plyne, že v jejich primárním zájmu není veřejná služba, ale klasické podnikání.[7]

2.9 Přečerpávací elektrárny jsou situovány uvnitř Rakouska

Jedním z možných odběrů přebytečné energie a její zakonzervování do doby, než bude této energie třeba, jsou přečerpávací vodní elektrárny. Tyto vodní elektrárny o celkovém instalovaném výkonu pumpy kolem 3 GW[27] jsou umístěny ve velkém množství na území Rakouska. Rakouské vodní elektrárny tohoto typu, jež by měly sloužit jako stabilizace sítě a tak řešit problémy s přebytky energie jsou z našeho pohledu spíše než řešením problému jeho vlastní součástí, protože problémy vznikají ještě než elektrická energie do Rakouska vůbec dorazí. Vzhledem k tomu, že elektřina nemá přímou cestu od baltského moře do rakouských Alp, tak její části přetékaají přes území Česka, Polska a Slovenska a ohrožují místní elektrizační soustavy. A to rakouské vodní elektrárny mají natolik velkou rezervní kapacitu, že můžou přebytečnou energii čerpat po celý týden, kdy elektřina teče přes naše území a způsobuje tak dispečerům společnosti ČEPS krizové situace. Tato elektrická energie je ze strany Rakouska velice žádaná, protože ji občas SRN prodávají i za zápornou cenu a dále pak Rakousko tuto nastřádanou energii ještě více zhodnotí tím, že ji pak Německu prodává, v čase kdy přestane v Baltu proudit nadměrný vítr, nazpět jako regulační za vysokou cenu.

Dalším faktem, který je poměrně podivující, je to, že Česká republika nemá obchodní nástroje garantované v mezinárodních smlouvách, které by jí umožnily alespoň část přebytků elektřiny z Německa spotřebovat. Jednoduše neexistuje dohoda mezi naší a německou stranou, která by nám umožnila v rámci operativní podpory odběru výkup za výrazně nižší ceny.[7] To je poměrně diskriminující fakt nejen vůči naší republice, ale také pro odběratele elektřiny v Německu, kteří na podivné obchody s elektřinou mezi Německem a Rakouskem popsané výše doplatí.

2.10 Další

Výše jsem uvedl ty nejdůležitější důvody, které vedou ke vzniku problémů v naší síti, ale najde se ještě řada dalších dílčích aspektů, které k popisovaným problémům v naší soustavě přispívají.

Jedním z nich je například to, že starší větrné elektrárny se nedají dálkově řídit. To znamená, že je nelze dispečersky ovládat. Dříve se s jejich řízením ze strany dispečinku nepočítalo a v dnešní době už by inovace těchto systémů vyžadovala velké množství investic ze strany jejich provozovatelů.

Dále je zde například problém v tom, že neexistuje centrální dispečink, který by spravoval evropské země se vzájemně provázanými přenosovými soustavami. Z hlediska vzájemného propojení přenosových soustav ENTSO-E existuje spousta vzájemných dohod a různých druhů spolupráce, které jsou však zatím od centrálního evropského dispečinku velmi daleko. Bylo by třeba, aby byl vytvořen úřad s potřebnými kompetencemi a autoritou od všech členských zemí a to je z hlediska osobních zájmů jednotlivých členů dosti problematický úkon.

K daným problémům také přispívá fakt, že obnovitelné zdroje energie musejí být umístěny mimo městskou zástavbu a velké aglomerace a tak se vyskytují daleko od místa spotřeby.[7]

3 Možnosti řešení problémů

3.1 Rozšíření kapacity a modernizace přenosových soustav

3.1.1 V Německu

Jak již bylo uvedeno, jednou z největších příčin vznikajících problémů je nedostatečná

kapacita německých tranzitních cest v severojižním směru. Zároveň se však toto úskalí jeví jako základní řešení, které by mohlo problémy s přetoky naším územím minimalizovat.

Vláda Angely Merkelové se zařekla vystavět do roku 2022 asi 3800 kilometrů vedení vysokého napětí, které bude dopravovat elektřinu z pobřežních parků v Baltském moři do vzdálených průmyslových center středního a jižního Německa, kde se mimo jiné bude odstavovat velké množství jaderných reaktorů.[28]

V nedávné době vydal německý provozovatel přenosové soustavy Tennet návrh pro výstavbu nových přenosových linek. Tento projekt německého operátora s názvem SuedLink je podle všeho nejrozsáhlejší změna infrastruktury německé soustavy v rámci programu energetické transformace Německa. Zahrnuje dvě vedení o celkové kapacitě 4000 MW, která jsou vedena ze spolkové země Šlesvicko-Holštýnsko. Jedno z nich míří do Bavorska, druhé do Bádenska-Württenberska. Vyšší prioritu by mělo mít vedení směřující do Bavorska, protože má kompenzovat nedostatek výkonu způsobený odpojením jaderných reaktorů v této lokalitě, která je na energii z jádra závislá téměř z poloviny. Trasa tohoto vedení je zobrazena na Obr. 3.1 Vzhledem k délce této linky, která by měla dosahovat kolem 800 km je plánovaný přenos stejnosměrným proudem, aby se zabránilo ztrátám v důsledku přenosu proudem střídavým.[29]



Obr. 3.1 plánované vedení ve směru Šlesvicko-Holštýnsko – Bavorsko [29]

Dále má Německo v plánu modernizaci stávajících vedení, ovšem i toto bude pravděpodobně dosti náročný úkol, jelikož většina tamního vedení byla postavena před více jak čtyřiceti lety a nelze tedy počítat s jeho kompletní inovací za krátký čas.[7]

3.1.2 V České republice

Společnost ČEPS se chystá investovat do roku 2025 více jak 60 miliard na rozvoj a modernizaci přenosové soustavy. Tato obnova by v sobě měla zahrnovat výstavbu nových vedení, instalaci speciálních transformátorů s posuvem fáze, modernizaci rozveden a také inovaci a posílení stávajících vedení.[5]

3.2 Podmořské kabely spojující německou síť s Norskem

Už v počátcích otevírání velkých offshore i onshore větrných parků se uvažovalo, kam s přebytky elektrické energie, se kterými se u zdroje typu větrných elektráren musí počítat. Jednou z možností byly již dříve norské vodní elektrárny. Samotná myšlenka je zde velice jednoduchá. Jde o to, že v případě nadvýroby severoněmeckých větrných parků by se omezil výkon norských vodních elektráren, které se na místní celkové instalované kapacitě podílejí z více jak 95%. Jejich výhodou je snadná regulovatelnost, pozastavení a naopak i jejich rozběh podle potřeby. Vlivem omezení odběru elektrické energie by se tedy elektřina mohla naakumulovat pomocí využití maximální kapacity akumulčních vodních elektráren, to znamená plným napuštěním přehrad a využitím celého objemu přečerpávacích vodních elektráren. Ve chvíli, kdy dojde k poklesu výroby na německé straně, mohla by se Nory naakumulovaná energie navrátit zpět do Německa a být zde opět využita. To vše by ovšem záviselo na vzájemné dohodě mezi oběma stranami a samozřejmě by vzájemná spolupráce musela přinášet prospěch jak Německu tak také Norsku.[7][30]

Aby mohlo být tohoto cíle dosaženo, bude potřeba vybudovat více podmořských kabelů propojujících centrální Evropu se Skandinávií. Dlouhá podmořská vedení by měla být opět realizována pomocí stejnosměrných přenosů z důvodu výše zmíněných výhod. Pomoci odstartovat tento projekt by mohl úspěšný pilotní projekt NorNed propojující Norsko s Nizozemskem. Jedná se o nejdelší bipolární kabelovou podmořskou linku na světě

přenášející výkon až 700 MW se ztrátou pouhých 3,7%.

O spojení Norska s Německem právě pojednává sesterský projekt NORD.LINK, který má být uveden do provozu nejpozději do roku 2017, naproti mu ovšem nejde fakt, že podmořský kabel spojující obě země, by měl vést mimořádně chráněnou oblastní mělčin Wattermeere.[30]

V rámci vzájemného propojování soustav se uvažuje o projektu Super Grid, což je myšlenka transkontinentálních dálnic, kde by proudila elektrická energie kabely obepínajícími Středozemní, Severní a Baltské moře. Tato síť by spojovala místa spotřeby s rezervními zdroji elektrické energie. Celý projekt má sloužit jako technologická podpora pro myšlenku transformace evropské energetiky od fosilních paliv a jaderné energie k obnovitelným zdrojům.[31]

3.3 Intenzivnější spolupráce provozovatelů přenosových soustav v Evropě a vyšší funkce dispečerského řízení

V ideálním případě by pro provoz propojených evropských soustav v rámci ENTSO-E bylo nejlepší, kdyby byla zavedena společná odpovědnost za provozování evropské sítě. To je však v rozporu s osobními zájmy jednotlivých článků tohoto uskupení a tak se zatím vytvářejí jen částečné dohody a opatření, která přispívají k plynulému chodu propojených soustav.

O vyřešení nadměrných přetoků přes naše území a jimi způsobených problémů se společnost ČEPS snaží dosáhnout jednáním na regionální, národní a evropské úrovni. Zatím se za pomoci těchto jednání podařilo zajistit několik opatření, která krůček po krůčku zlepšují naši situaci i situaci cele evropské energetiky. V roce 2008 se například podařilo provozovateli ČEPS společně s dalšími deseti provozovateli přenosových soustav z oblastí střední a východní Evropy založit společnou bázi pro vzájemnou výměnu informací a případná nápravná opatření. V návaznosti na tuto spolupráci se podařilo v roce 2009 rozšířit regionální varovný systém, ve kterém působí celkem 12 provozovatelů přenosových soustav ze sedmi zemí Evropy a jejichž hlavní vizí je připravovat nápravná opatření na další den a vylepšit dispečerskou spolupráci. V rámci této spolupráce se úspěšně daří snižovat dopady přetoků větrných parků umístěných v přímořských oblastech na severu Německa. Vzájemná

informovanost je založena na předávání dat a jejich jednotném vyhodnocování, kdy jsou pak výsledky předávány všem členům uskupení a všichni tedy mají shodné informace, díky kterým mohou zavádět potřebná vzájemně sjednaná opatření.

Se vzájemnou výměnou informací souvisí také projekt tzv. vyššího dispečerského řízení, což jsou sofistikované výpočetní programy, které na základě vstupních dat mohou najít nejvhodnější zapojení soustavy, tak aby nedocházelo k přetěžování slabých profilů a zabraňují tak možným výpadkům v síti.[5][7]

3.4 Instalace transformátorů s regulací fáze (PST)

Jedná se o speciální transformátor, který umí změnou fázového úhlu napětí regulovat tok činného výkonu v síti. To znamená, že pokud je přetížena větev, v níž je transformátor umístěn, dojde k regulaci fáze a elektřina jde cestou nejmenšího odporu. Část toků je tak přerozdělena na méně zatížená vedení v okolí.

Instalace těchto transformátorů byla v roce 2013 schválena Ministerstvem průmyslu a obchodu a Energetickým regulačním úřadem a v současné době ČEPS vyhodnocuje zadávací řízení na dodávku PST. Do konce roku 2016 by měly být tyto transformátory připraveny k použití. Jejich instalace proběhne v rozvodně Hradec u Kadaně, kde se střetává německá přenosová soustava s naší. Tato instalace je součástí vzájemné dohody mezi provozovateli ČEPS a 50Hertz o instalaci PST v rozvodnách Hradec a Röhrsdorf. Úkol hradeckých PST bude zajištění přeshraničních toků v určených limitech a PST v Röhrsdorfu budou udávat směr tokům v jižní části oblasti spravované provozovatelem 50Hertz.

Obdobné transformátory již svoji úlohu spolehlivě plní například na přeshraničních vedeních mezi Německem a zeměmi Beneluxu.[5]

3.5 Virtuální transformátor

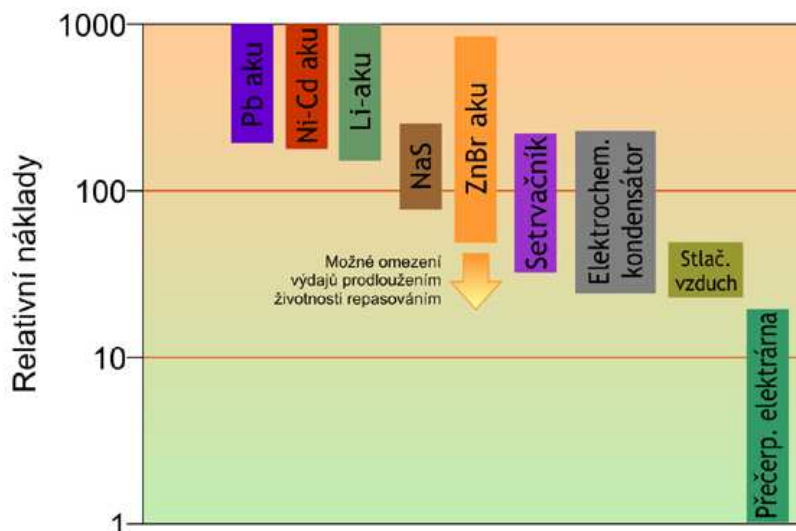
Tato koncepce ochrany zahraniční přenosové sítě proti přetěžování byla dohodnuta mezi Německem a Polskem. V podstatě jde o to, že v případě problémů by se potřebné zásahy

učinili již na německém území a také náklady na tato opatření by hradilo Německo. Jako virtuální transformátor by pak sloužily změny toku výkonu v síti a tím pádem omezení činnosti některých elektráren, přepínání vedení a obdobné operativní zásahy. Avšak kamenem úrazu je zde pravděpodobně fakt, že nebyly vyjednány potřebné sankce, které by musela německá strana zaplatit v případě, kdy by nebyly dodrženy sjednané přenášené výkony a hrozilo by tak ohrožení polské přenosové soustavy. Chybí zde tak potřebná motivace německého provozovatele 50Hertz k dodržování dohody mezi oběma stranami. Po několikaměsíční zkušební době tak Polsko začalo od virtuálního transformátoru ustupovat a chystá se stejně jako Česká republika na svých hranicích vybudovat reálné PST. Již před německo-polskou dohodou se Česká republika rozhodla podmínit dohodu o virtuálním transformátoru s Německem sankcemi, ovšem dle očekávání na tuto dohodu Německo nepřistoupilo. Ve hře tak zůstávají pouze výše zmiňované reálné PST.[32]

3.6 Akumulace energie produkované větrnými elektrárnami

3.6.1 Energie akumulovaná v samotných větrných elektrárnách

Zde celková myšlenka není nijak složitá, část přebytečně vyrobené energie by se naakumulovala v místě výroby a do sítě by byla dodána v případě potřeby. Realizovatelnost tohoto konceptu však není jednoduchá ani laciná. Ačkoliv je do výzkumu nástrojů pro efektivní akumulaci elektrické energie vkládáno velké množství peněz a úsilí, je celková proveditelnost akumulace možná zatím po relativně krátký časový interval a za vysoké investiční náklady. V úvahu zde připadají v podstatě jen baterie a setrvačníky. Využitelnosti těchto zařízení ale brání cena, takže jediným zatím využitelným zařízením pro akumulaci elektrické energie jsou přečerpávací elektrárny. Využitelnost s ohledem na relativní investiční náklady a cenu za akumulovanou kWh jsou vidět na Obr. 3.2, kde si můžeme všimnout, že vůbec nejhůře jsou na tom všechny typy akumulátorů (zleva) a jak již bylo řečeno, nejlevněji lze skladovat energii v přečerpávacích elektrárnách.[33]



Obr. 3.2 relativní náklady na kWh akumulované energie [33]

3.6.2 Energie akumulovaná za pomoci přečerpávacích vodních elektráren

V současné době je v České republice několik míst, která mají potenciál na umístění přečerpávacích elektráren. Celkově bylo vytipováno 6 lokalit vhodných pro výstavbu. Jedná se o dvě místa v Krušných horách, dále lokality v Jizerských horách, Jeseníkách a Beskydech.

Na našem území jsou nyní v provozu tři přečerpávací elektrárny a všechny patří společnosti ČEZ, která ovšem výstavbu dalších nechystá. To, jestli nějaké další elektrárny tohoto typu na našem území přibudou, je tak otázkou toho, zda se najde nějaký soukromý investor schopný dané projekty zrealizovat. Tomu přispívá fakt, že i přes vysoké investiční náklady (20 až 30 miliard korun) je podle odborníků návratnost takového projektu 7 až 10 let.[34] Ovšem i kdyby se alespoň nějaký projekt zrealizoval, bylo by ještě třeba vyjednat s německou stranou zvýhodněnou cenu takto odebírané elektřiny jako je tomu například s Rakouskem, což je přesněji popsáno v kapitole 2.9.

A nejde jen o přečerpávací elektrárny v České republice. Například v Rakousku a ve Švýcarsku jsou tyto vodní elektrárny na mnoha místech již ve výstavbě.[7]

3.7 Další možnosti zlepšení situace

Na předchozích stránkách jsou popsány hlavní možnosti, které by mohly zlepšit situaci v naší síti a omezit tak její přetěžování. Nabízí se ale ještě některé další faktory, jenž by mohly omezit riziko možného blackoutu a zmírnit krizové situace řešené dispečery společnosti ČEPS.

Jednou z možností, jak toho dosáhnout je zkrácení vzdálenosti mezi místy výroby elektřiny a jejího odběru. Toho by šlo docílit například situováním velkých odběrných bodů do míst severního Německa. Mohlo by se jednat například o průmyslové zóny a podobné velkoodběratele.[7]

Dále by situaci mohlo prospět také budování inteligentních sítí (tzv. Smart Grids). Jedná se o koncept, který byl vyvinut v roce 2006 Evropskou technologickou institucí pro inteligentní síť. Smart Grids jsou distribuční sítě, které by byly schopny automaticky zareagovat na změny zatížení a samostatně situaci řešit. Jejich realizace by pomocí obousměrné komunikace mezi výrobou a spotřebou umožnila vyřešit problémy, které vytvářejí proměnlivé zdroje elektrické energie, jimiž jsou například větrné elektrárny. Tato myšlenka zahrnuje obrovské množství investic, které by měly pokrýt mimo jiné náklady na pořízení speciálních zařízení umístěných v domácnostech, jenž komunikují s rozvodnou. Ta by byla schopná v aktuálním čase reagovat na změny stavu sítě a provádět tak změny v cenových tarifech. To by samozřejmě umožnilo zefektivnění odběru elektřiny. V České republice právě probíhá pilotní projekt inteligentní sítě ve Vrchlabí. Jeho konec je naplánován na rok 2015, kdy také bude možné zhodnotit ekonomičnost celého projektu a rozhodnout tak o jeho další budoucnosti.[35][36][37]

4 Komplikace v realizování popsaných nápravných opatření

4.1 Problematika výstavby nových úseků vedení

Základní vyřešení popsaných problémů, tedy vybudování nových přenosových kapacit mezi severem a jihem Německa sebou nese obrovské množství komplikací, které znesnadňují, či dokonce úplně znemožňují realizaci plánovaných staveb.

Z Obr. 3.1 je i pro laika zřejmé, že se budování přenosových vedení o délce 800 km napříč hustě osídleným Německem s 82 miliony obyvatel musí nutně dotknout velkého počtu osob, firem, organizací, obcí a v neposlední řadě také přírody.

Množství jednotlivých vlastníků pozemků na plánované trase může podle odhadů dosáhnout až deseti tisíců. Dle zkušeností s výstavbou dálnic v České republice, kde se výkupy půdy nesmírně zdržely kvůli osobním zájmům majitelů pozemků a protáhly tak výstavbu dálnic až o několik let, si pravděpodobně dokáže každý představit, jaké komplikace výstavba vedení v Německu může přinést.[7][29]

K vybudování plánované linky mezi Wilsterem a Grafen-rheinfeldem také výrazně nepřispívá fakt, že proti tomuto projektu se vyjádřila dokonce i politicky vysoce postavená osoba Horst Seehofer, který je v Bavorsku ministerským předsedou.[29]

Dá se také očekávat velký odpor proti výstavbě nových vedení ze strany různých ekologických organizací.[7]

4.2 Mnohem rychlejší výstavba nových zdrojů než nových vedení

Výstavba nových vedení bez vyřizovacích procedur obecně v rozvinutých evropských zemích trvá přibližně 1-2 roky. Ovšem problém je právě s vyřizovacími řízeními, která mohou celkovou dobu výstavby protáhnout až o 10 let. V porovnání s tím trvá výstavba

nových obnovitelných zdrojů mezi 2 a 6 lety i s povolovacím řízením.[7] Je tedy zřejmé, že výstavba potřebných přenosových kapacit není schopna se dynamicky přizpůsobovat rostoucímu výkonu obnovitelných zdrojů energie.

4.3 Osobní zájmy jednotlivých členů sdružení ENTSO-E

Jak je popsáno v kapitole 2.10., bylo by pro efektivnější řešení problémových situací vhodné, aby byl vytvořen úřad s potřebnými kompetencemi a autoritou od všech členských zemí. To však příliš nekoresponduje s osobními zájmy jednotlivých zemí. V konkrétním případě, kdy by větrné elektrárny v přenosové soustavě provozovatele 50Hertz ohrožovaly naši síť, by mohl tento úřad řešit situaci například omezením výroby elektráren či sankcemi, což by pochopitelně vešlo v nelibost německé strany.

4.4 Financování nápravných opatření

Podle odhadů, vytvořených v rámci Evropské unie, bude v následujících letech potřeba 140 miliard EUR na pokrytí investic do navýšení kapacit přenosových sítí, uskladnění a vývoje inteligentních sítí. Zůstává však tajemstvím, jakým způsobem bude tato suma odpovídat skutečným potřebám budování infrastruktury a kde se potřebné finanční prostředky získají.[7]

4.5 Výzkum přenosových a distribučních soustav

Obecně platí, že výzkum přenosových a distribučních soustav zaostává za výzkumem zdrojů elektrické energie. Důvodem je to, že investice do výzkumu elektrických vedení a stanic nejsou tolik atraktivní jako do zdrojů. Můžeme si toho všimnout již dnes, kdy se na dnešní situaci podepisuje omezená priorita výzkumu přenosových a distribučních soustav v minulosti a stávající technické prostředky pro řešení krizových situací vyvolaných obnovitelnými zdroji jsou tak nedostatečné.[7]

4.6 Vysoké investice do nápravných opatření

Velkým oříškem v řešení problémových situací vznikajících v naší síti je fakt, že jakýkoliv zásah, který by mohl naší přenosové soustavě ulevit je velmi nákladný a je jen otázkou, kde se potřebné finance získají.

Jedno z mála efektivních a hlavně dostatečně rychlých řešení jsou speciální transformátory PST, popisované v odstavci 3.4. Instalace těchto transformátorů je také jednou z levnějších forem, jak by ČEPS mohl vyřešit popsané problémy, ale i tak by jejich realizace vyšla na 2 miliardy korun[38].

Oproti tomu by investice do posílení naší, při výstavbě poměrně dosti naddimenzované, přenosové soustavy vyšla až na 50 miliard korun. V této spojitosti se také mluví o částečném financování suplu německé přenosové soustavy ze stran českých spotřebitelů elektřiny.[38]

4.7 Německá neústupnost

Vzhledem k tomu, s jakou vervou se Němci do energetické transformace pustili a jaké finance do svého úsilí vložili, nedá se již očekávat, že by byli ochotni ve svém rozvoji obnovitelných zdrojů zvolnit. S tím se budou muset okolní státy vyrovnat.

Velkým problémem však zůstává, že Němci nejsou ani schopni dopady nadvýroby svých zdrojů nějak férově řešit.[38] To se dá usoudit například z odstavce 3.5., kde se dozvídáme, že Němci nejsou ochotni přistoupit na motivační sankce, v případě, že poruší vzájemnou dohodu s Českem. Vše by tak záviselo na jejich dobré vůli a v praxi by to znamenalo, že by mohli beztrestně využívat naší přenosovou soustavu jako tranzitní cestu pro své nadbytky stejně jako doposud.

4.8 Německé přenosové soustavy v rukách nadnárodních společností

Na rozdíl od přenosové soustavy České republiky, jejímž výhradním majitelem je stát, spadá Německá přenosová soustava pod vlastnictví soukromých společností. Výhradním zájmem těchto firem, jako je tomu i v ostatních sektorech, je generovaný zisk. To je bohužel demotivuje od potřebných investic do infrastruktury a očekává se, že v budoucnu se bude muset do tohoto procesu vložit německý stát.[7]

Závěr

Jak je vidět na Obr. 2.2 tak za posledních šestnáct let se výkon německých větrných elektráren zvýšil přibližně desetinásobně a neustále roste. S růstem vyráběné elektrické energie pomocí větrných elektráren nejen na německé straně, ale i v dalších lokalitách Evropy musíme počítat i v budoucnosti. Je to součást zamýšlené strategie novodobé evropské energetiky, která chce snížit svoji energetickou závislost na vnějších zdrojích. Cestou k dosažení tohoto cíle jsou tak mimo jiné obnovitelné zdroje energie, jimiž se chce Evropa pojistit proti nejistým dodávkám ropy a zemního plynu.

Otázkou však zůstává, zda v budoucnosti nastane potřebná změna v přístupu k budování propojené energetické infrastruktury. Protože je zřejmé, že bez potřebných změn a inovací v přenosových soustavách nebude možné pokračovat ve výstavbě nových zdrojů a inovace provádět až za pochodu, či v nejhorším případě až po tom, kdy přenosová soustava už nebude schopna reagovat na neustálé zvyšování instalovaného výkonu.

Výše jsem předložil metodiku možných opatření, která by mohla sloužit jako řešení problémů vznikajících v naší síti. Ovšem to, jakým způsobem se nynější kritická situace bude opravdu řešit je jen otázka budoucnosti. V současné době se jako jediný reálný a hlavně potřebně rychlý způsob řešení jeví výstavba transformátorů s regulací fáze, o jejichž instalaci na hraničních profilech s Německem je již rozhodnuto.

Je ale zřejmé, že evropskou energetiku čeká v následujících letech spousta těžkých situací a složitých úkolů, které bude potřeba efektivně řešit. To vše bude samozřejmě vysoce nákladné a bude to stát velké úsilí nejen na úrovni provozovatelů jednotlivých přenosových soustav a specialistů z oboru, ale také na úrovni mezinárodních politických jednání a diplomatických řízení.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Dispečerské řízení. ČEPS, a.s. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Dispecerske_rizeni/Stranky/Default.aspx
- [2] Ekonomika: Blackout se nekoná. Potřebuje Česko transformátory za miliardy?. Česká televize: ČT24 [online]. 8. 4. 2013 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://m.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/221515-blackout-se-nekona-potrebuje-cesko-transformatory-za-miliardy/>
- [3] Přeshraniční toky. ČEPS, a.s. [online]. 3.12.2011 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Preshranicni-toky.aspx>
- [4] *Dispečerské řízení ČEPS*. 2012, 5 s.
- [5] FAQ. ČEPS, a.s. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Preshranicni-toky.aspx>
- [6] WINTER, K. a DOLEŽAL. Regulace napětí a jalového výkonu: současnost a trendy. *Automa: časopis pro automatizační techniku*. Praha: FCC Public, 2001, č. 4. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33525
- [7] HABRYCH, Richard. Vliv zahraničních větrných elektráren na přenosovou soustavu České republiky. *Energetika: Odborný měsíčník pro elektrárny, teplárny a použití energie*. Praha: FCC Public, 2013, č. 3. DOI: 0375-8842.
- [8] *Poziční dokument společnosti ČEPS: Rozšiřování kontinentálního elektrizačního systému ENTSO – E*. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Media/Stranky/Postoje.aspx>
- [9] HONIŠ, R., M. KONEČNÝ, M. GALETKA a I. ULLMAN. *Přenosová soustava České republiky*. ISBN 978-80-905392-3-5.
- [10] Německá vláda rozhodla. Jaderné elektrárny uzavře do roku 2022. *IHNED.cz: Zpravodajský server Hospodářských novin* [online]. 30. 5. 2011 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-51975330-nemecka-vlada-rozhodla-jaderne-elektrarny-uzavre-do-roku-2022>
- [11] Statistiken. *Bundesverband WindEnergie e.V.* [online]. 2013 [cit. 2014-04-8]. Dostupné z: <http://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken>
- [12] Installierte Windleistung in Deutschland. *Windmonitor* [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/windwebdad/www_reisi_page_new.show_page?page_nr=363
- [13] HABRYCH, Richard. Pobřežní větrné parky.
- [14] Německo chce postavit podél dálnic větrné elektrárny. *EkoBonus* [online]. 15.1.2014 [cit. 2014-04-08].

- Dostupné z: <http://www.ekobonus.cz/obnovitelne-zdroje/nemecko-chce-postavit-podel-dalnic-vetrne-elektrarny>
- [15] MOLLY, J. P. Wind Energy - Quo Vadis?. *DEWI MAGAZIN*. 2009, č. 34. Dostupné z: http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Magazin_34/02.pdf
- [16] Projekty větrných off-shore elektráren v Německu. *BusinessInfo.cz: czOficiální portál pro podnikání a export* [online]. 6. 3. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/projekty-vetrnych-off-shore-elektraren-v-nemecku-47544.html>
- [17] Status Offshore-Windenergie. *Offshore-Windenergie.net* [online]. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.offshore-windenergie.net/>
- [18] Offshorewindpark Ostsee. *Bundesverband WindEnergie e.V.* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.wind-energie.de/infocenter/mediathek/offshore/offshorewindpark-ostsee>
- [19] Technici z Freibergu vymysleli plovoucí větrné elektrárny. *Český rozhlas* [online]. 23.5.2012 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/sever/soused/_zprava/1064116
- [20] Větrná energie: Portugalsko má první plovoucí větrnou turbínu. *Ekologické bydlení* [online]. 19. 6. 2012 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/vetrna-energie/video-portugalsko-ma-prvni-plovouci-vetrnu-turbinu>
- [21] Windfloat. *Principle Power, Inc. - Renewable Energy, Delivered* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.principlepowerinc.com/products/windfloat.html>
- [22] First floating turbine without heavy lift needs. *GreenPort* [online]. 28.8.2012 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.greenport.com/news101/products-and-services/portuguese-offshore-turbine-is-abs-certified>
- [23] U Fukušimy roste největší plovoucí větrná elektrárna. Sloupy turbíny dosahují výšky 200 metrů. *IHNED.CZ* [online]. 15. 7. 2013 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://zpravy.ihned.cz/c1-60252240-u-fukusimy-roste-nejvetsi-plovouci-vetrna-elektrarna-sloupy-turbiny-dosahuji-vysky-200-metru>
- [24] RYCHETNÍK, Václav, J. JANOUŠEK a J. PAVELKA. *Větrné motory a elektrárny*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1997, 199 s. ISBN 80-010-1563-7.
- [25] Na větrné elektrárny v Německu se žene silná bouře. Energetici jsou v pohotovosti. *IHNED.CZ* [online]. 5. 12. 2013 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://zpravy.ihned.cz/c1-61395960-na-vetrne-elektrarny-v-nemecku-se-zene-silna-boure-energetici-jsou-v-pohotovosti>
- [26] Tatsächliche Produktion Wind. *Transparency in Energy Markets: Gesetzliche Veröffentlichungspflichten der Übertragungsnetzbetreiber* [online]. 2013 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.transparency.eex.com/de/daten_uebertragungsnetzbetreiber/stromerzeugung/tatsaechliche-produktion-wind

- [27] Die Rolle der Pumpspeicher in der Elektrizitätsversorgung. 2012. Dostupné z: http://www.strom.ch/uploads/media/VSE_BWD_03_Pumpspeicherkraftwerke_03-2013.pdf
- [28] Vítr účet neposílá. *Časopis Respekt* [online]. 3. 3. 2013 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://respekt.ihned.cz/c1-59427760-vitr-ucet-neposila>
- [29] NEJEDLÝ, Petr. Problematické tepny energetické transformace. *Blog.iDnes.cz* [online]. 9.2.2014 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/395609/Problematicke-tepny-energeticke-transformace.html>
- [30] TŮMA, Jan. Podmořské kabely ve službách evropské energetiky. *3pól: Magazín plný pozitivní energie* [online]. 18. říjen 2011 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1142-podmorske-kabely-ve-sluzbach-evropske-energetiky>
- [31] *Poziční dokument společnosti ČEPS: Super Grid – budoucí „elektrické dálnice“* Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Media/Stranky/Postoje.aspx>
- [32] ŽIŽKA, Jan. Česko ochrání před návalem proudu z Německa „elektrické“ hranice. *Česká pozice / Informace pro svobodné lidi* [online]. 24.5.2013 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/cesko-ochrani-pred-navalem-proudu-z-nemecka-elektricke-hranice-pb8-/tema.aspx?c=A130520_221912_pozice_127342
- [33] MURTINGER, Karel. Ukládání elektřiny z fotovoltaických a větrných elektráren. *Nazeleno.cz* [online]. 3.5.2011 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/ukladani-elekriny-z-fotovoltaickych-a-vetrnych-elekraren.aspx>
- [34] VINŠOVÁ, Michaela. Výstavba nových vodních elektráren v ČR: Jaké jsou plány?. *Nazeleno.cz* [online]. 18.8.2011 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vystavba-novych-vodnich-elekraren-v-cr-jake-jsou-plany.aspx>
- [35] Frequently Asked Questions. *Smart Grids European Technology Platform / SmartGrids* [online]. 2013 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.smartgrids.eu/FAQ>
- [36] Inteligentní síť – Česká republika nezůstává pozadu. *EKOLOGICKÉ BYDLENÍ* [online]. 31.5.2010 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/inteligentni-site-ceska-republika-nezustava-pozadu>
- [37] Chytré sítě jsou jednou z cest, které mohou úplně změnit svět, v němž žijeme. Na dánském ostrově Bornholm se tento sen právě mění v realitu. *NATIONAL GEOGRAPHIC: ČESKO* [online]. 20.8.2012 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.national-geographic.cz/detail/virtualni-elekrarny-zmeni-ucty-za-energii-i-nase-chovani-27271/>
- [38] ŠNOBR, Michal. Z rozumného rozvoje obnovitelných zdrojů je náboženství, které ohrožuje ČR. *IHNED.CZ* [online]. 27.2.2012 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://dialog.ihned.cz/c1-54860630-z-rozumneho-rozvoje-obnovitelnych-zdroju-je-nabozenstvi-ktere-ohrozuje-cr>