

Ing. František VYBÍRALÍK, CSc.  
EEC Electro Engineer Consulting

# Využití obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a tepla a vliv na distribuční síť

## Utilization of Renewable Resources for Production of Power and Heat and Effect to Distribution Networks

Recenzent  
Ing. Petr Šerks

V současné době dochází k velkému rozvoji využívání obnovitelných zdrojů energie. Tyto zdroje se připojují do distribučních sítí. Mezi těmito zdroji se velmi často vyskytují kogenerační jednotky, které vyrábějí elektřinu a teplo. V tomto příspěvku jsou uvedeny dopady těchto zdrojů na řešení a provoz distribučních sítí a na výrobu tepla. Další vlivy mají tyto zdroje na řízení odběrů a skladování energie.

**Klíčová slova:** obnovitelné zdroje energie, distribuční síť, decentralizované zdroje elektřiny a tepla, mikrosítě

A large development of usage renewable resources of energy happens presently. Such resources are connected to distribution networks. Cogeneration units producing power and heat occur amongst these resources very often. This contribution includes impacts of such resources on the solution and operation of distribution networks and production of heat. These resources have further effects on control of the energy consumption and its storage.

**Key words:** energy renewable resources, distribution networks, decentralized power and heat sources, microgrids

### ÚVOD

Rostoucí využívání obnovitelných zdrojů energie se projevuje v decentralizaci výroby elektrické energie a decentralizaci kombinované výroby elektřiny a tepla. Obnovitelné zdroje energie (zejména sluneční a větrná energie) jsou charakterizovány proměnlivostí a nekontrolovatelností výroby. V distribuční síti proto dochází ke stavům, při kterých výroba a odběry nejsou vzájemně vyrovnány. Proto je třeba aktivně zasahovat, aby byla zajištěna rovnováha v síti při proměnlivé výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů a zajistit nepřerušované napájení elektřinou.

Tyto nové požadavky vyžadují i nové typy distribučních sítí. V současné době se rozvíjejí mikrosítě, které v budoucnu nahradí „smart grids“ – chytré sítě. Mikrosítě jsou nízkonapěťové distribuční systémy s rozptýlenými zdroji energie, skladovacími zařízeními a řízenými odběry, které jsou provozovány paralelně s distribuční sítí a řízeným postupem přecházejí do ostrovního provozu. Provoz mikrosítí nabízí výhody pro zákazníky a distributory, např. zvýšení efektivity při distribuci elektřiny minimalizací celkové spotřeby energie, snížení vlivu na životní prostředí, zvýšení spolehlivosti zásobování elektřinou, přínosy při provozování sítí jako je snížení ztrát, omezení přetížení sítí, řízení napětí nebo bezpečnost zásobování a náhrada stávajícího rozvodného zařízení zařízením s nižšími náklady. Mikrosítě zabezpečí podmínky pro integraci velkého počtu malých rozptýlených zdrojů do distribučních sítí nízkého napětí.

Integrace skladovacích systémů do mikrosítí má velký význam, protože umožní plánované rozšíření využívání obnovitelných zdrojů, a současně zajistí spolehlivost v zásobování elektřinou. Mikrosítě se skladovacími systémy by měly automaticky kompenzovat chybějící nebo nadměrnou dodávku elektřiny. Využití tepelných skladovacích zařízení nabízí možnost vyrovnávat zatížení sítí provozem tepelných čerpadel a kogeneračních jednotek a tak zajistit spolehlivost a stabilitu zásobování teplem.

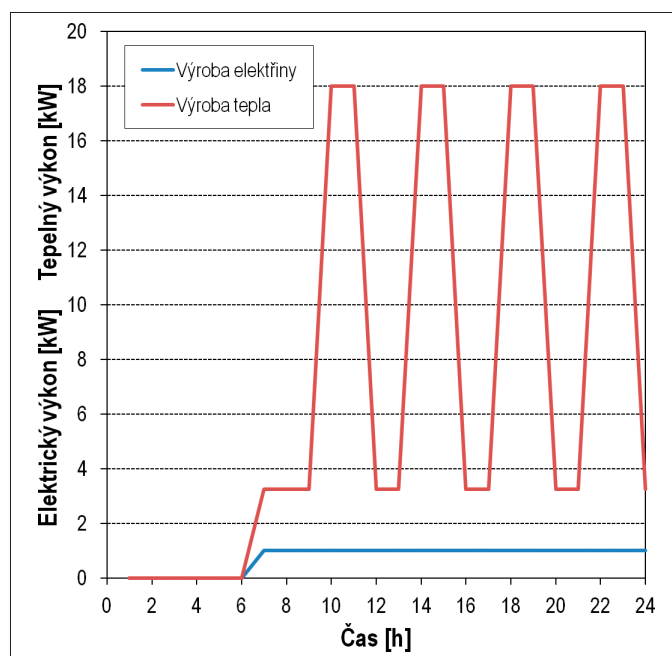
### Modelování výroben elektřiny a tepla

Decentralizované zdroje elektřiny jsou připojovány do sítí v blízkosti odběrů, zejména v distribučních sítích nízkého napětí. Jednotlivé výrobní jednotky, připojené do distribuční sítě, se obvykle provozují nezávisle jedna na druhé. Systém kombinované výroby elektřiny a tepla pracuje obvykle v režimu, kdy přednost má výroba tepla pro vytápěné objekty. Výzkum vlivu připojení zvýšeného počtu decentralizovaných výroben do stávajících sítí byl podroben ekonomickým a ekologickým analýzám. Mo-

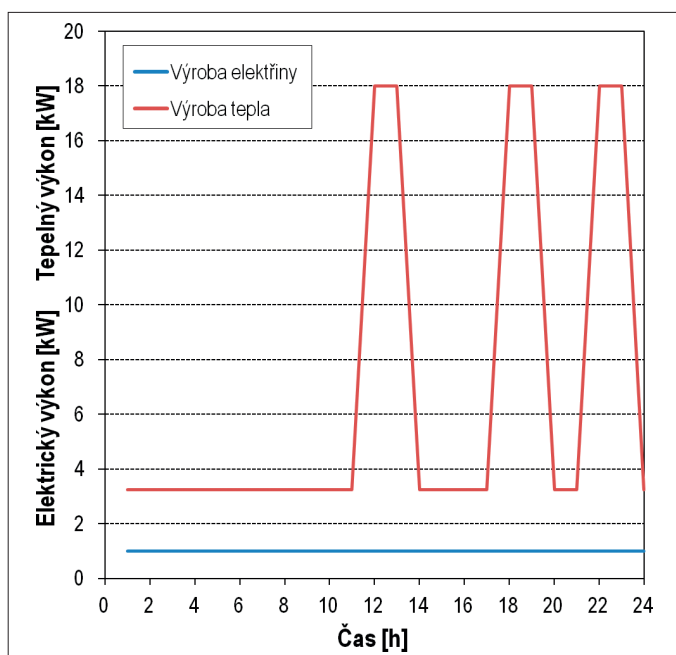
delování různých variant technologií decentralizovaných výroben je nezbytné pro stanovení vlivu na provoz distribuční sítě. Cílem studie je pravděpodobnostní model zátěže a výroby pro individuální decentralizované systémy. Využití akumulace elektřiny a tepla v inteligentních distribučních sítích je zkoumáno v různých provozních režimech. Dále jsou ve studii zahrnuty výrobní využívající obnovitelné zdroje energie a zařízení pro skladování elektřiny [4].

### Kogenerační jednotky

Jmenovitý výkon kogeneračního zařízení je v modelu uvažován s ohledem na odběr tepla v předpokládaném režimu provozu. V každé výrobě elektřiny a tepla s kogeneračními jednotkami je uvažováno s akumulátorem tepla, který je dimenzován na nejvyšší zatížení pro nejméně chladné dny roku. Výstupním parametrem je průběh tepelného zatížení budovy, který závisí na typu budovy, době její výstavby, příp. rekonstrukce. Velikost akumulátoru tepla a požadavky na odběr tepla se liší objekt od objektu. Na obrázcích 1 a 2 jsou uvedeny příklady průběhu výroby elektřiny a tepla dvou kogene-



Obr. 1 Průběh výroby elektřiny a tepla u KG 1



Obr. 2 Průběh výroby elektřiny a tepla u KG 2

račních jednotek pro domy v zimním dni. Elektrický výkon je 1 kW a tepelný výkon 3,25 kW. Provoz jednotlivých výroben je vidět na obrázku. Kogenerační jednotka na obrázku 1 na předchozí straně se zapíná v 6 hodin, druhá jednotka na obrázku 2 je v provozu celý den. Špičky v průběhu tepelného výkonu jsou pokryty z akumulátoru tepla.

### Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla mohou stejně jako kogenerační jednotky také pracovat v režimu výroby tepla a náhodně se vypínat a zapínat. Hlavním rozdílem mezi tepelnými čerpadly a kogeneračními jednotkami je to, že tepelná čerpadla při svém provozu představují elektrický odběr. Účinnost tepelných čerpadel závisí na rozdílu teplot mezi zdrojem tepla a teplotou otopné vody. To znamená, že elektrický výkon, který je potřebný pro produkci potřebného množství tepla, závisí také na zdroji tepla a jeho teplotní úrovni.

### Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie jsou v modelu zastoupeny fotovoltaickými elektrárnami a malými větrnými elektrárnami. V následujícím modelu je uvažována malá fotovoltaická elektrárna o výkonu 3 až 8 kW, instalovaná na střeše rodinného domu, a malá větrná elektrárna o výkonu 1 až 10 kW instalovaná na zahradě. Na rozdíl od kogenerační jednotky a tepelného čerpadla je výkon těchto zdrojů proměnlivý a jejich výstupní výkon závisí nejen na technických parametrech (plocha fotovoltaických panelů, výška budovy, průměr rotoru větrné elektrárny), ale také na povětrnostních podmínkách.

### Skladovací systémy

Rozsah technologií je vhodný pro skladování tepelné energie. Avšak při použití současných znalostí, pouze systém založený na choulostivém skladování tepelné energie je ekonomicky proveditelný. Při teplotách, které jsou vhodné pro domácí vytápění typickým technickým řešením může být izolovaná nádrž na vodu. Ve srovnání s jinými materiály jako je beton nebo písek, vysoká tepelná kapacita vody (1,17 Wh/kg.K) vede k dostatečně kompaktnímu provedení. Latentní systémy pro akumulaci tepla, které využívají změnu skupenství materiálů nebo systému založené na reverzibilních chemických procesech, nejsou v tomto modelu obsaženy, protože mají vysoké náklady a omezenou dostupnost na trhu. Avšak tyto systémy mohou být do modelu snadno implementovány při použití nových parametrů pro náklady, ztráty a provozní vlastnosti.

Pro skladování elektrické energie se v současné době využívají přečerpávací elektrárny. Tyto elektrárny mají velké instalované výkony (stovky MW) a proto se využívají pro vyrovnávání denního diagramu zatížení energetického systému. Proto nemohou být považovány za vhodnou technologii pro aplikace v distribuční síti. Skladovací systémy pro skladování elektrické energie jsou limitovány různými typy akumulátorových systémů s individuálními investičními náklady, efektivností a ztrátami při pohotovostním provozu.

Techniky skladování elektrické energie mohou hrát významnou roli v rozvoji mikrosítí [2]. Skladování elektrické energie má význam ve vyrovnávání nepravidelné výroby elektřiny z OZE, zvyšuje efektivitu využití elektřiny a stabilizuje provoz mikrosítě. Požadavky mikrosítí na skladovací techniky jsou následující:

- zvýšení kvality napájení elektřinou,
- možnost rychlé dodávky činného i jalového výkonu v okamžiku, kdy mikrosítě přechází z paralelního provozu s distribuční sítí do ostrovního provozu,
- zvýšení spolehlivosti napájení, což umožňuje stálý a kontrolovatelný zdroj elektrické energie při ostrovním provozu,
- zvýšení výstupního výkonu z OZE, zejména vyrovnání proměnlivého výkonu větrných a fotovoltaických elektráren,
- optimalizace energetického managementu mikrosítě, např. skladováním nadbytečné energie při malém zatížení a její uvolnění v době špiček.

Skladovací zařízení, které přispívá ke zlepšení kvality napájení, musí mít krátkou dobu odezvy, aby rychle reagovalo a mohlo být využito pro dynamickou kompenzaci napájení. Skladovací zařízení, které má zajistit nepřerušované napájení, musí reagovat na požadavky na výkon a energii. Skladovací zařízení, které má zajistit vyšší využití obnovitelných zdrojů, by měla mít schopnost rychlé odezvy stejně jako přiměřenou energetickou kapacitu. Při použití optimalizace energetického managementu v mikrosítí je důležité, aby byla skladovací kapacita navržena tak, aby umožňovala pokrytí špičkového zatížení. Bohužel, neexistuje jediné skladovací zařízení, které může splnit všechny uvedené požadavky. V mikrosítí je proto nutné kombinovat různé druhy skladovacích zařízení.

Tab. 1 Charakteristiky skladovacích technologií

Druh technologie skladování	Typický výkon [kW, MW]	Trvání výkonu	Doba reakce	Energetická účinnost [%]	Životní cyklus
Setrvačníky	5 kW až 1,5 MW	sekundy až 15 minut	1 až 20 ms	90	30 000
Superkapacitory	1 kW až 100 kW	sekundy	1 až 5 ms	95	50 000
Olověné akumulátory	1 kW až 50 MW	minuty až 3 hodiny	20 ms až několik sekund	85	1500
NaS baterie	kW až MW	sekundy až hodiny	20 ms až několik sekund	75 až 85	5000
Lithiové baterie	kW až MW	sekundy až hodiny	20 ms až několik sekund	85 až 95	2500

### OPTIMALIZACE PROVOZU

Modelovaný průběh výroby reprezentuje provoz, kdy kogenerační jednotka vyrábí teplo. Provozní doba jednotky závisí na požadavku na odběr tepla objektu. V tomto provozním režimu je generovaná elektrická energie dodávána do distribuční sítě bez ohledu na aktuální potřebu elektrické energie v distribuční síti. V kombinaci s dalšími místními výrobními elektřiny (např. fotovoltaickými) může dojít ke stavu, ve kterém přebytek elektřiny ohrožuje stabilní provoz elektrické sítě. Zavedením akumulace tepelné

energie je možné přesunout provoz kogenerační jednotky do období s nedostatkem výroby elektřiny.

Optimalizace provozu kogeneračních jednotek je vhodná pro provozování distribučních sítí s vysokým stupněm soběstačnosti. Tento distribuční systém se nazývá mikrosítě a zahrnuje nejen odběry, ale také výrobu elektřiny v místních výrobních jednotkách z obnovitelných zdrojů energie a kogeneračních jednotek, což umožňuje, že lokální distribuční síť je téměř nezávislá na přenosové síti a může být po omezenou dobu provozována zcela samostatně.

Dalším úkolem provozu mikrosítě je optimalizace toků elektrického výkonu. Optimalizace se zaměřuje na snížení maximálního zatížení prvků elektrické sítě, což povede ke snížení přenosových ztrát. Pro tento účel je třeba uplatnit řízení výroby elektřiny pro kogenerační jednotky a řízení odběru pro tepelná čerpadla. Akumulace elektřiny je potom použita pro vyrovnání odchylky od plánované hodnoty ve výrobě nebo spotřebě elektřiny a ke zvýšení kvality elektřiny v mikrosíti.

### Optimalizace toku výkonu

Záměr provozu distribuční sítě v ostrovním provozu je podmíněn rovnováhou mezi odběry a výrobou elektřiny. Dalším cílem je optimalizace toku elektrického výkonu. Pro zásobovací oblast se stanovuje předpověď výroby a odběrů. Střední hodnota výkonové bilance je cílovou hodnotou pro ří-

zení odběrů a výroby elektřiny. Malé odchylky ve výkonové bilanci mohou být vyrovnány akumulacími systémy.

### ZÁVĚR

Využitím místní výroby elektřiny založené na obnovitelných zdrojích energie a na fosilních palivech může být dosaženo nezávislého provozu na distribuční síti po určenou dobu. Pro tento účel je vhodné využít funkce pro řízení odběrů a výroby elektřiny. V dalším vývoji lze uplatnit i ekonomické hledisko, kdy výroba elektřiny a tepla a provoz distribuční sítě budou optimalizovány podle cen elektřiny a tepla.

Kontakt na autora: [vybiralifra@gmail.com](mailto:vybiralifra@gmail.com)

### Použité zdroje:

- [1] Vybíralík F., Mikrosítě – nový směr v navrhování a provozování sítí v EU. In: Sborník konference EGÚ Praha Engineering. Poděbrady, 2010
- [2] Vybíralík F., Nové typy sítí z pohledu CIREA a CIGRÉ, sborník konference EGÚ Praha Engineering. Poděbrady, 2011
- [3] Vybíralík F., Vaňková-Vybíralíková L., Renewable energy sources in the Czech Republic. CIREA 2012, Regional Conference, Serbia
- [4] Dvorský P., Dvorský E., Hejtmánková P., Řízení mikrosítí s obnovitelnými zdroji. In: Sborník konference EPE. Dlouhá Stráň, 2011. ■

### Systém managementu budov Honeywell

Nový systém managementu budov Honeywell ComfortPoint Open ovládané internetem nebo mobilním zařízením (přes rozhraní EasyMobile) nabízí funkce, které lze do budov vestavět již v etapě plánování. Management spotřeby energií a analytické funkce zjednodušují nalezení kritických míst a nasazení úsporných opatření. Informační funkce podporují zkušební programy certifikačních procesů jako LEED nebo DGNB. ComfortPoint Open odpovídá systému BACnet-Standard a může být sdílen se službou Honeywell Attune Advisory Services. To umožňuje rozšíření analýzy provozních dat budovy a optimalizaci managementu budovy.

Pramen: CCI 12/2012

(AB)

### Německo: primární energie do roku 2050

V čísle 12/2012 časopisu cci-Zeitung byla zveřejněna analýza Spolkového ministerstva životního prostředí o prognózách změn potřeb energie v německém hospodářství, vypracovaná Güntherem Mertzem z odborného svazu budov a klimatu v Bietigheim-Bissingenu. Studie obsahuje zajímavé údaje o potřebách primární energie.

Po odmítnutí Jaderné energie v Německu se výrazně změnila struktura a spotřeba primární energie v Německu. Podle studie se očekává, že celková spotřeba primární energie v Německu mezi léty 2010 a 2050 klesne o 48 % a to průměrně o 1,6 % ročně. Přispěje k tomu i úbytek populace z 81,7 mil. na 72,3 mil. Podíl energií ke krytí spotřeby u regenerativních energií dosáhne 52,8 % a podíl fosilní energie klesne na 47,8 %. Jaderné energie se přestane podílet na celkové spotřebě k roku 2025, po doběhnutí životnosti stávajících jaderných zdrojů (případně i dříve), když ještě v roce 2020 bude činit 8,6 GW brutto. Podíl všech druhů uhlí dosáhne k roku 2050 pouhých 4,6 GW, když ještě v roce 2020 bude 34,4 GW. Zemní plyn se bude podílet ustálenou spotřebou mezi současnými 28,7 % a 30,2 % v roce 2050. Spotřeba energie z biomasy, geotermie a vody se zdvojnásobí ze současných 10,1 GW na 19,5 GW. Výrazně se zvýší výroba větrné a fotovoltaické energie ze současných 44,5 GW na 160,5 GW. Vyjádřeno přírůstkem spotřeby o 580 % a 4,9 % ročně resp. 430 % a 4,3 %.

Uvádí se, že přebytek výroby proudu mají sloužit k výrobě vodíku a metanu a tato paliva užívat k pohonu v dopravě a k vytápění v kombinovaných zařízeních na výrobu tepla a elektřiny.

Pramen: CCI 12/2012

(AB)

### Konference ARaP 2013 – první informace a výzva autorům

Letošní už devátý ročník konference ARaP (Automatizace, Regulace a Procesy) pořádaný Ústavem přístrojové a řídicí techniky Fakulty strojní ČVUT v Praze ve spolupráci s Českomoravskou společností pro automatizaci je naplánován tradičně na třetí listopadový týden (21. a 22. listopadu 2013) do konferenčních prostor Fakulty strojní ČVUT. Důvodem zvoleného termínu konference je umožnit účastníkům konference navštívit souběžně pořádané odborné veletrhy na výstavišti PVA EXPO Praha Letňany, které mají určitou tématickou souvislost s náplní konference. Především se jedná o veletrh For Automation, ale i o veletrh Voda-Klima-Vytápění, mající určitý vztah k navrhovanému zaměření konference.

Nosnými tématy letošního ročníku konference ARaP 2013 budou zejména: automatizace budov a jejich „chytré“ řízení, řízení malých lokálních ekologických zdrojů tepla pro vytápění, umělá inteligence využitá v praxi, inteligentní senzorka, principy a možnosti počítačového vidění.

Přípravy programu byly zahájeny oslovením vybraných potenciálních autorů, aby předložili návrhy zejména tzv. vyzvaných přednášek. Pořadatelé však spoléhají na přihlášky Vašich referátů, které nemusejí být přísně vázány na uvedené tematické okruhy, ale v duchu tradice technických konferencí ARaP je třeba, aby představovaly zajímavé a odborně přístupné nové poznatky. Napomůžete tak naplnit záměr organizátorů, aby konference ARaP sloužila rovněž potřebám celoživotního vzdělávání. Kromě standardně probíhající výměny zkušeností mezi účastníky a přednášejícími ve formálních i neformálních diskusích hodlají organizátoři do náplně konference zařadit příspěvky naučného charakteru tzv. tutoriály. Mnohým odborníkům z praxe a zejména učitelům odborných škol by tutoriály měly sloužit jako inspirační zdroj pro sledování oblastí, jejichž studiu se nemohou kvůli pracovnímu vytížení věnovat tak, jak by si přáli.

Organizátoři vyzývají autory ochotné již teď konferenci aktivně podpořit zajímavými a odborně přístupnými příspěvky, aby nás informovali o svých návrzích ještě před spuštěním nahrávání celých příspěvků na server konference prozatím emailovou zprávou na adresy [cyril.oswald@fs.cvut.cz](mailto:cyril.oswald@fs.cvut.cz), [bohupil.sulc@fs.cvut.cz](mailto:bohupil.sulc@fs.cvut.cz). Doporučujeme věnovat pozornost stránkám konference [www.arap.cz](http://www.arap.cz).

Těšíme se na spolupráci a osobní setkání na konferenci.

Za přípravný výbor: prof. Ing. Bohumil Šulc, CSc., prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.