

Industry 5.0 – technológie: energetická efektívnosť a dôveryhodná autonómia (8)

Väčšina technológií [1] uvedených v predchádzajúcich častiach seriálu potrebuje na fungovanie množstvo energie. Ôsma časť je venovaná technológiám pre energetickú efektívnosť, obnoviteľné zdroje, ukladanie energie a energetickú autonómnosť ako podporným pilierom Industry 5.0 [2].

Integrácia obnoviteľných zdrojov energie

Zdroje energie možno rozdeliť do troch primárnych kategórií, a to fosílna palivá, jadrové zdroje a obnoviteľné zdroje energie (OZE). S narastajúcou mierou využívania OZE sa naskytajú možnosti riešenia problémov spojených so spoľahlivosťou dodávok energie, ako aj lokálneho zásobovania energiou, napríklad prostredníctvom veľkokapacitného skladovania energie, ktoré poskytuje prostriedky na lepšiu integráciu obnoviteľných zdrojov energie, vyrovnanie ponuky a dopytu, zvýšenie energetickej bezpečnosti, zlepšenie riadenia energetických sietí a na umožnenie konvergencie k nízkouhlíkovému hospodárstvu [3]. Obnoviteľné zdroje spĺňajúce energetické požiadavky spotrebiteľov predstavujú potenciálnu dodávku energií s nulovými alebo takmer nulovými emisiami skleníkových plynov aj látok znečisťujúcich ovzdušie, a teda predstavujú prostriedok na plnenie záväzkov krajín vyplývajúcich z medzinárodných dohôd týkajúcich sa ochrany životného prostredia. Získavanie energie decentralizovaným spôsobom z obnoviteľných zdrojov predstavuje jednu z možností naplnenia energetických potrieb aj pre vidiecke oblasti a malé sídla spoľahlivým, cenovo dostupným a environmentálne udržateľným spôsobom.

Technológie Power-to-X

Jedným z prostriedkov integrácie obnoviteľných zdrojov energie je skladovanie energie vo veľkom rozsahu. Na to sa ako vhodné javí využitie skladovacej kapacity podzemných zásobníkov na skladovanie veľkých objemov kvapalín a plynov. Existuje niekoľko technológií, ktoré reprezentujú možnosti podzemného skladovania energie, a to najmä podzemné skladovanie energie stlačeným vzduchom (CAES), podzemné skladovanie energie prečerpávaním vody (UPHS), podzemné skladovanie tepelnej energie (UTES), podzemné skladovanie zemného plynu (UGS) a podzemné skladovanie vodíka (UHS). Na uvedené technológie podzemného skladovania energie existuje niekoľko druhov použiteľných zásobníkov, napríklad vyčerpané zásobníky zemného plynu, porézne vodonosné vrstvy, soľné formácie, umelé skalné formácie alebo opustené bane.

Vodíkové technológie a články ponúkajú alternatívne riešenie na dekarbonizáciu budúcnosti energie. Vodíkové palivové články sú elektrochemické konvertory transformujúce vodík (alebo energetické zdroje obsahujúce vodík) a kyslík priamo na elektrickú energiu s vysokou efektívnosťou bez potreby spaľovania, teda bez produkcie CO₂ na mieste použitia. Napriek tomu, že využívanie vodíka na energetické účely je dlho známy koncept, v súčasnosti môžeme pozorovať niekoľko nových stratégií jeho využitia. Jednou z takýchto stratégií je využitie vodíka ako sekundárneho vektora energie, keď je prebytočná elektrická energia vyrobená z obnoviteľných zdrojov energie, ako je napr. veterná a solárna energia, neskôr využitá na výrobu vodíka elektrolyzou. Tento vodík, ktorý slúži ako vektor na uskladnenie obnoviteľnej energie, sa môže použiť na prevod komerčných plynovodov zo sietí využívajúcich výlučne zemný plyn na siete využívajúce čiastočne alebo výhradne vodík, čím by sa masívne znížila produkcia CO₂ [3], alebo na využitie vodíkových palivových článkov



Obr. 13 Vlaková jednotka využívajúca vodíkový pohon [4]

ako kľúčových zdrojov energie nielen v doprave (obr. 13), ale aj ako stacionárny zdroj energie.

Opísaný proces možno označiť ako Power-To-Hydrogen a je jedným z procesov prevodu elektrickej energie, ktorý možno označiť pojmom Power-to-Gas, a teda premenu obnoviteľnej elektrickej energie na plyné nosiče energie. Podobným konceptom je proces Power-to-Liquid, pri ktorom vodík získaný elektrolyzou reaguje s oxidom uhličitým a vytvára kvapalné palivá, ako je napr. syntetická ropa, benzín, nafta a letecké palivo. Tieto elektropalivá (kvapalné palivá vyrobené z obnoviteľných zdrojov energie) môžu nahradiť fosílna palivá bez toho, aby bola potrebná zmena technológií konečného využitia. Okrem spomenutých procesov premeny elektrickej energie existuje celý rad podobných procesov všeobecne označovaných ako technológie Power-to-X.

Smart Dust a energeticky autonómne senzory

Smart Dust (SD) je systém pozostávajúci z veľkého množstva miniatúrnych mikroelektromechanických systémov nazývaných prachové častice (obr. 14). Takéto častice sa veľkosťou približujú jednému kubickému milimetru a sú rozptyľované v ťažko prístupnom alebo úplne neprístupnom priestore. Týmto prachovými časticami môžu byť okrem iného senzory, akčné členy, roboty a ďalšie zariadenia schopné detekcie svetla, vibrácií, teploty alebo prítomnosti chemických látok [5] vo vzduchu, vode, v pôde, prípadne akčného zásahu [6]. Základom SD ako systému formujúceho masívne distribuované a integrované senzorové siete je bezdrôtová komunikácia s ďalšími senzormi, prípadne so základňovou stanicou. Bezdrôtová komunikácia môže byť v SD zabezpečená viacerými technológiami, avšak prevláda využitie rádiových frekvencií a optickej komunikácie. Rádiových frekvencií komunikácia v súčasnosti vyžaduje minimálne úrovne výkonu v rozsahu niekoľkých miliwattov, no na druhej strane polovodičové lasery a diódové prijímače sú vo svojej podstate malé a zodpovedajúce prenosové a detekčné obvody na optickú komunikáciu sú vhodnejšie pre nízkoenergetickú prevádzku ako väčšina rádiových technológií. Aplikácie SD nachádzame v monitorovaní životného prostredia (živelné katastrofy), inteligentných priestorov alebo vo vojenskej obrane.



Obr. 14 Senzor Smart Dust na detekciu elektrického náboja [7]

Opísané častice SD aj bezdrôtové senzorové uzly sú zvyčajne napájané batériami, čo má za následok podstatné obmedzenie miest, kde možno uzly inštalovať, maximálny počet nasaditeľných zariadení a obmedzenú životnosť uzlov. Okrem batérií možno pri prachových časticách využívať aj ďalšie zdroje energie, z ktorých možno považovať slnečné žiarenie za najdostupnejší zdroj. Fotoelektrická energia môže pochádzať nielen zo slnka, ale aj z vnútorného osvetlenia. V aplikáciách, kde je akceptovateľná cyklická prevádzka, sa solárne články alebo iné zdroje energie používajú na nabíjanie energetického článku. Iný zdroj energie predstavujú vibrácie, ktoré môžu byť zachytávané a premieňané na energiu. Takýto prístup je obzvlášť vhodný pre priemyselné aplikácie, keď sa prachové častice nachádzajú v blízkosti motorov a priemyselných strojov. Medzi ďalšie zdroje energie pre SD patria aj tepelná energia alebo prirodzená radiácia v prostredí.

Nízkoenergetický prenos a analýza dát

Nasadzovanie veľkého množstva zariadení s obmedzeným výkonom, pamäťou a dostupnou energiou vyžaduje používanie komunikačných technológií, ktoré sú prispôbené na prenos dát v takýchto podmienkach. Jednou z možností je použitie nízkoenergetických a stratových sietí (LLN), v ktorých sú smerovače a ich prepojenie obmedzené. Smerovače v takýchto sieťach zvyčajne musia pracovať s obmedzeným výpočtovým výkonom, pamäťou aj napájaním (napr. z batérie). Prepojenia v sieťach LLN sa vyznačujú vysokou stratosťou, nízkou rýchlosťou prenosu údajov a nestabilitou. LLN sa skladajú z niekoľkých desiatok až tisícok smerovačov. Značné straty sú v LLN sieťach pozorované už na fyzickej vrstve, takže tieto siete sa vyznačujú variabilnou rýchlosťou prenosu a krátkodobou nespoľahlivosťou. No napriek spomenutým nevýhodám majú tieto siete široké uplatnenie, nakoľko väčšina IoT riešení tieto podmienky vyhovujú (meteostanice, monitorovanie životného prostredia, migrácie zvierat a ďalšie), pretože stačí, že sa dáta z týchto zariadení príjmu na strane cloudu v jednotkách minút a IoT zariadeniu tak stačí minimum energie na vyslanie dát.

Konkrétnym príkladom je technológia low-power WAN (LPWAN), ktorá prepája zariadenia s nízkou prenosovou rýchlosťou a na veľké vzdialenosti. Vytvorené boli primárne pre siete M2M (machine-to-machine) a internet vecí (IoT). Operujú s nižšími nákladmi na prevádzku a s vyššou energetickou účinnosťou ako tradičné mobilné siete. Podporujú väčší počet pripojených zariadení na väčšej ploche. Siete LPWAN môžu prijímať pakety s veľkosťou od 10 do 1 000 bajtov pri rýchlosti až do 200 Kb/s. Dosah sietí LPWAN sa pohybuje od 2 km do 1 000 km v závislosti od technológie. Väčšina sietí LPWAN má hviezdnicovú topológiu, v ktorej sa každý koncový bod pripája priamo k spoločným centrálnym prístupovým bodom. LPWAN nie je jediná technológia, ale skupina rôznych technológií nízkoenergetických rozsiahlych sietí, ktoré majú rôzne podoby a formy. Siete LPWAN môžu používať licencované alebo nelicencované frekvencie [8].

Proprietárna nelicencovaná sieť Sigfox je v súčasnosti jednou z najrozšírenejších sietí LPWAN. Táto ultra úzkopásmová technológia, ktorá funguje v pásme 868 MHz alebo 902 MHz, umožňuje prevádzku len jednému operátorovi v každej krajine. Hoci dokáže

doručovať správy na vzdialenosť 30 – 50 km vo vidieckych oblastiach, 3 – 10 km v mestskom prostredí a až 1 000 km v aplikáciách line-of-site, veľkosť jej paketu je obmedzená na 150 správ s veľkosťou 12 bajtov denne [8].

Súčasťou aplikácií IoT a senzorových sietí je často aj analýza získaných dát. Paradigme počítania na hrane siete je venovaná pozornosť práve v súvislosti s internetom vecí. Cieľom tejto výpočtovej paradigmy je posunutie spracovania dát z centralizovaných uzlov umiestnených v cloudoch na perifériu siete. Decentralizácia, ktorú predstavuje počítanie na hrane siete, prináša výhody v lepšej reaktivite, spoľahlivosti a znížení nákladov na prenos dát k vzdialeným cloudovým serverom vďaka možnosti lokálneho spracovania dát, čím sa ušetrí množstvo energie pri prenose dát a ich cloudovom spracovaní.

Záver

V článku boli priblížené pojmy energetickej efektívnosti, dôveryhodnej autonómie a súvisiacich technológií, primárne obnoviteľných zdrojov, technológií Power-to-X, Smart Dust, energeticky autonómnych senzorov, ako aj nízkoenergetického prenosu a analýzy dát. Nasledujúca, posledná časť seriálu bude venovaná transformačnej vízii pre Európu v súvislosti s Industry 5.0.

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore grantu Akcelerácia umelej inteligencie na hrane siete (07/TUKE/2022) a grantu Robotické videnie v inteligentnom priestore (FEI-2022-88).

Referencie

- [1] ZOLOTOVÁ, Iveta – KAJÁTI, Erik – POMŠÁR, Ladislav: Industry 5.0 – koncept, technológie, ciele (1). In: ATP Journal, 2021, roč. 28, č. 11, s. 42 – 43.
- [2] Research and innovation. Enabling Technologies for Industry 5.0. In: European Commission 2020. [online]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/info/publications/enabling-technologies-industry-50_en.
- [3] PANWAR, N. L. – KAUSHIK, S. C. – KOTHARI, Surendra: Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Renewable and sustainable energy reviews, 2011, 15.3: 1 513 – 1 524. DOI: 10.1016/j.rser.2010.11.037.
- [4] ÇAĞATAY, Gülşen: World's 1st hydrogen-powered train launches in Germany [online]. Publikované 18. 9. 2018. Dostupné na: <https://bit.ly/38sPxdA>.
- [5] PARK, J. P. and K.: Construction of a Remote Monitoring System in Smart Dust Environment. In: Journal of Information Processing Systems, 2020, 16(3), pp. 733 – 741. Dostupné na: <https://doi.org/10.3745/JIPS.04.0175>.
- [6] FUJITA, H.: What can MEMS do for Robotics? In: J. M. Hollerbach, D. E. Koditschek (eds): Robotics Research. London: Springer 2000. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0765-1_46.
- [7] LEONIDA, Carly: The Intelligent guide to: smart dust in mining. [online]. Publikované 2019. Citované 13. 5. 2022. Dostupné na: <https://bit.ly/3L8JkRI>.
- [8] SHEA, Sharon: LPWAN (low-power wide area network). [online]. Publikované 2017. Citované 12. 5. 2022. Dostupné na: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/LPWAN-low-power-wide-area-network>.

Ing. Dušan Herich
doc. Ing. Peter Papcun, PhD.
prof. Ing. Iveta Zolotová, CSc.

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a umelej inteligencie
Centrum inteligentných kybernetických systémov
<http://ics.fei.tuke.sk>