



Inteligentné siete pomôžu znižovať spotrebu energie a zapojiť viac OZE

V súčasnosti je jednou z hlavných oblastí rozvoja energetiky a jej smerovania do budúcnosti oblasť inovácií a zavádzanie tzv. inteligentných sietí (smartgrid) s cieľom znížiť celkovú spotrebu a otvoriť možnosti zvýšenia podielu výroby z obnoviteľných zdrojov energie. Snaha a podpora budovania smartgridov, resp. vytváranie lokálnych energetických sústav v podobe mikrogridov v energetike, je výsledkom prirodzeného pokroku v oblasti informačných a telekomunikačných technológií a dynamického rozvoja decentralizovanej výroby z obnoviteľných zdrojov.

V rámci operačného programu Integrovaná infraštruktúra vznikol projekt Medzinárodné centrum excelentnosti pre výskum inteligentných a bezpečných informačno-komunikačných technológií a systémov – II. etapa (ďalej len CE-2), ktorý si kladie za cieľ v nadväznosti na niektoré ambiciózne ciele Európskej komisie prinášať riešenia pre rozvoj smartgridov. Projekt realizuje konzorcium štyroch výskumných inštitúcií: Atos IT Solutions and Services, s. r. o., sféra, a. s., Slovenská technická univerzita v Bratislave (STU) a Ústav materiálov a mechaniky strojov Slovenskej akadémie vied (SAV). Predložený článok nadväzuje na už publikované príspevky Aplikovaný výskum inteligentných OZE vyústil do významnej spolupráce STU, SAV a priemyselných partnerov [2] a Slovenská akadémia vied a priemyselní partneri riešia v rámci spoločného projektu kľúčové otázky zo smart energetiky [3] a dopĺňa ich o niektoré ďalšie informácie a doteraz dosiahnuté výsledky.

Prioritou sú aktuálne témy energetiky

S ohľadom na transformáciu využitia energií vrátane širšieho zavádzania obnoviteľných zdrojov a budovania územných sebestačných energetických sústav (mikrogrid) sú náplňou projektu témy

z oblasti základného výskumu, ktoré možno následne ďalej rozvíjať napr. v podobe moderného využitia energií. Témy a míľniky projektu sú prepojené na rozvíjajúce sa možnosti v oblasti získavania a spracovania veľkého objemu dát (Big Data), ale aj legislatívy, ktorá v podstatne vyššej miere umožňuje spotrebiteľom kontrolovať svoju spotrebu a pomocou inteligentných meracích prístrojov (IMS) ju riadiť, dokonca sa zo spotrebiteľa môže stať producent. Zistilo sa, že chýbajú rôzne modely predikcií, preto sa časť projektu venovala výskumu týchto modelov. V rámci základného výskumu sa teoreticky preskúmala aj stabilita sietí z hľadiska ochrany pred kybernetickými rizikami.

Centrum sa preto od svojho vzniku zameralo na realizáciu základného výskumu v troch vzájomne sa dopĺňajúcich témach:

- energetika a inteligentné siete,
- bezpečnosť a kryptografia,
- veľké dáta.

Výskumné a vývojové aktivity v rámci projektu CE-2

V rámci výskumnej aktivity s názvom Nezávislý výskum a vývoj v oblasti modelovania a simulácie lokálnych energetických sústav

v priemysle (mikrogridov) a ich vplyvu na ostatnú električnú sústavu, na ktorej výrazne participuje STU, je plánované modelovať mikrogridy a električnú sústavu v špičkovom simulačnom prostredí. Parametrizácia simulačných modelov prinesie možnosti optimalizácie prevádzky, riešenia problémov súvisiacich s plánovaním dopytu a ponuky a eliminácie negatívnych vplyvov na sústavu. Súčasťou výskumnej aktivity budú aj príslušné ekonomické analýzy.

Základné plánované výsledky výskumnej aktivity Nezávislý výskum a vývoj v oblasti získavania a spracovania dát z experimentálnej modelovej prevádzky multifunkčného laboratórneho Smart gridu SAV pri jej ukončení sú okrem merania a databázovania energetickej produkcie z rôznych obnoviteľných zdrojov energie vo vybranej lokalite aj optimalizačné procesy využitia a uskladnenia energie. Dáta zaznamenávané v sekundových intervaloch slúžia ostatným partnerom projektu na vyladenie simulačných algoritmov.

Základnými plánovanými výsledkami výskumnej aktivity Priemyselný výskum v oblasti optimalizácie dátových štruktúr prvkov električnej sústavy na modelovanie a simuláciu inteligentných sietí/mikrogridov po jej ukončení bude porovnanie modelu a reálnych prvkov laboratórneho mikrogridu. Riešením výskumnej aktivity Experimentálny vývoj v oblasti vývoja nástrojov na modelovanie a simuláciu inteligentných sietí/mikrogridov bude funkčný prototyp na modelovanie a simuláciu mikrogridov a digitálne dvojča laboratórneho mikrogridu. Výskumná aktivita Priemyselný výskum v oblasti ekonomického modelovania energetických sústav pre peer-to-peer (P2P) transakcie prinesie prototyp siete peer-to-peer na realizáciu zúčtovania a jeho prepojenie na reálny mikrogrid. Ekonomika mikrogridu je riešená v tematickej oblasti s názvom Experimentálny vývoj ekonomického modelu efektivity mikrogridu.

Získané poznatky a dosiahnuté ciele

Aplikačná oblasť

Rok 2021/2022 bol kľúčový pre sfunkčnenie experimentov v Laboratóriu vysokých napätí FEI STU v Trnávke. Väčšia časť verejného obstarávania prístrojov a zariadení v rámci projektu bola nastavená tak, aby došlo k sfunkčneniu mikrogridu s kontinuálnym zberom dát, ktoré sú poskytované ostatným riešiteľom projektu (ATOS, sféra, SAV). Prioritou v tomto období bolo technologické vybavenie mikrogridu a jeho softvérová stabilita počas chodu. V prípade laboratória v Trnávke sa na meranie nainštalovali smart metre so špeciálnou funkcionalitou. Ďalej sa v rámci projektu podarilo obstaráť a nainštalovať batériové úložisko na akumuláciu elektrickej energie na báze (1. systém) bezúdržbových olovených akumulátorov a (2. systém) LiION akumulátorov, softvér na analýzu elektrických sietí v ustálenom stave aj v dynamickom režime a zrealizovať modernizáciu bioplynovej stanice. Dovybavenie laboratórií batériovým úložiskom a ostatnými zariadeniami rozširuje funkcionalitu



Obr. 1 a) Jeden z meracích bodov je situovaný vo vybudovanom batériovom úložisku. b) Detailný záber na meraciu zostavu.

mikrogridu a poskytuje rozšírené výskumné možnosti (optimalizácia fungovania mikrogridu, efektívnosť uskladnenia, účinnosť premeny, dopytová akumulácia a pod.).

Modelovanie a simulácia distribuovanej výroby

Primárnou orientáciou bola tvorba stochastického modelovania energetických systémov a lokálnych energetických sústav. Bol vytvorený všeobecný koncept tvorby a analýzy modelov s obsahom stochastických premenných, ako sú elektromobily, distribuovaná výroba, lokálne energetické úložiská a pod. Model bol implementovaný v programovacom jazyku Python. Pracovalo sa s konkrétnymi aplikáciami:

- riešenie vplyvu e-mobility,
- riešenie vplyvu distribuovanej výroby FVE s akumuláciou a bez nej.

V tematickej oblasti riadiace algoritmy (metódy riadenia) a systémy v energetickej sústave s aplikáciami v energetickej sústave ako celku alebo v jej komponentoch (aj na úrovni mikrogridov) sa výskum sústredil na štúdium metód odolného, decentralizovaného a prediktívneho riadenia. V oblasti identifikácie systémov a spracovania dát v aplikáciách na off-line a on-line určovanie parametrov častí a komponentov energetickej sústavy (vrátane mikrogridov) boli spracované diskrétné lineárne modely a nové algoritmy spracovania a vyhodnocovania štandardných charakteristík a meraní. V tejto etape bol navrhnutý a zrealizovaný simulačný model mikrogridu v prostredí Matlab, ktorý bude slúžiť na ladenie simulačného modelu v špičkovom energetickom simulačnom prostredí Power Factory.

Ekonomika a informatika

V tejto etape projektu boli preverené možnosti ekonomickej simulácie rôznych scenárov. Výskum bol sústredený na nasledujúce činnosti:

- analýza dostupných softvérových riešení na výpočet a simuláciu fotovoltaických systémov v rezidenčných a priemyselných budovách,
- definovanie prvkov modelových scenárov vo väzbe klient – nehnuteľnosť – technológia – prostredie – energia – ekonomika – rozhodnutie – scenár,
- „modelovanie využitia prebytkov energie generovaných fotovoltaickým systémom na rodinných domoch“, ktorého realizácia prebehla na základe troch scenárov,
- návrh štruktúry prvkov scenárov na základe dostupných blokov modelovania so zameraním na simulačný systém ExtendSim,
- návrh simulačného modelu v systéme ExtendSim zohľadňujúci definovaný stav – model CEES (Costs Economy Energies Saving Simulation),
- ekonomické modelovanie nasledujúcich ukazovateľov: rentabilita investícií, index ziskovosti, jednoduchá doba návratnosti, diskontovaná doba návratnosti, diskontovaný peňažný tok, čistá súčasná hodnota a vnútorné výnosové percento.

Legislatíva

Primárnou orientáciou v rámci tematickej oblasti bola práca s nariadením EÚ 2016/631 (RfG NC), ktoré je kľúčovým dokumentom k ďalším činnostiam v rámci projektu. Identifikovali, vyhľadali a spracovali sa ďalšie nadväzujúce dokumenty, ako sú napríklad nariadenia EÚ 2015/1222, 2017/1485 a 2017/2195. Z týchto dokumentov sa vybrali najdôležitejšie poznatky a bol vytvorený kompaktný pracovný dokument, ktorý bol preložený aj do anglického jazyka. Aktivity boli smerované na posúdenie pripojiteľnosti malého modulárneho reaktora v podmienkach SR. Presnejšie povedané, či je možné, aby takýto systém spĺňal podmienky na pripojenie do mikrogridu a ak áno, aké parametre by mohol mať. Tieto aktivity vyústili do prípravy a podania medzinárodného projektu ESFR-SIMPLE v rámci schémy HORIZON-EURATOM-2021-NRT-01, ktorý by v prípade úspešnosti nadviazal na aktivity riešiteľského kolektívu v oblasti pripojiteľnosti modulárnych reaktorov do električných sústav.

Aktivity SAV

V ďalšej etape projektu sa v experimentálnej hale Ústavu materiálov a mechaniky strojov vykonala úprava zapojenia polykrystalickej fotovoltaickej elektrárne (FVE) pre akumulčný systém. Výkon FVE bol zmenený z 16,2 kW na 15,51 kW. Rovnako v tejto fáze sa nainštaloval a úspešne sprevádzkaval akumulčný systém s kapacitou 50,4 kWh a výkonom 18,63 kVA. Systém umožňuje aj ostrovnú prevádzku, resp. zálohu zariadení, ktoré musia byť neustále napájané. K tomuto systému patrí aj lokálna bezdrôtová sieť, na ktorú sa možno pripojiť, pomocou webového rozhrania nastavovať zariadenia a prehľadávať dáta o energetickej bilancii celého systému (výroba FVE, dobíjanie a vybíjanie akumulátorov, dodávka do siete a iné). Hlavnou výhodou a prednosťou zostavy zariadení je umožnenie riadenia výkonu dodávaného do siete nezávisle od výroby FVE. Táto funkcionálna umožňuje nielen vyhladzovať variabilitu FVE, ale aj presúvať dodávku elektrickej energie do siete na iný časový interval ako čas výroby. Pomocou tohto systému možno simulovať vybrané technické a ekonomické modely prevádzkovania FVE, napr. stabilizáciu nepravidelnej výroby alebo dodávku elektrickej energie na základe dopredu zobchodovaného množstva alebo na základe kriviek spotreby.



Obr. 2 Prehľad aktuálnej výkonovej bilancie

Záver

Dynamické, otvorené, flexibilné a inovatívne nie sú slová, ktoré zvyčajne spájame s tradičným energetickým odvetvím, ale charakterizujú zmenu, ktorú mikrogridy prinášajú vo vzťahu k energetickej budúcnosti a riešeniam čeliacim klimatickým zmenám, vychádzajúc v ústrety ekonomicky a ekologicky orientovaným spotrebiteľom. S cieľom zvýšenia kvality modelovania menších inteligentných sietí sa skúmajú a syntetizujú poznatky vedúce k získaniu kvalitného simulačného modelu celej sústavy. Výsledkom bude softvérový model elektrickej siete na simuláciu vplyvu obnoviteľných zdrojov energie a ostatných prvkov siete na pripojené zariadenia v elektrickej sústave. Vytvorený simulačný model umožní realizovať výpočty modelov mikrogridov pre návrh nového mikrogridu, optimalizáciu a rozvoj existujúcich mikrogridov a zabezpečenie vyššej bezpečnosti energetickej sústavy elimináciou negatívneho dosahu a nežiaducich javov v sieti.

Ďalšou oblasťou výskumu bude vytvorenie interaktívnej vizualizácie simulačného procesu modelovania mikrogridov s dôrazom na využitie moderných technológií, ako je napr. virtuálna realita. Jedinečnosť návrhu koncepcie riešenia spočíva aj v overení matematických modelov a simulácii mikrogridov s experimentmi uskutočnenými na výskumnej infraštruktúre na porovnanie a potvrdenie správneho prístupu k modelovaniu a simuláciám mikrogridov a ich správania sa v rôznych konfiguráciách siete v oblasti statických a dynamických prechodových javov. Originálne výsledky očakávame v oblasti výskumu procesov spojených so získavaním energie z obnoviteľných zdrojov, jej uskladňovaním a využívaním a monitoringom efektivity týchto procesov.

Problematika budovania mikrogridov reaguje na požiadavky a potreby zaistenia dostupnej, bezporuchovej, kvalitnej a manažovateľnej energie, využívajúce nové energetické technológie a služby prekračuje hranice Slovenska. Preto je aktuálnou v rámci celosvetových aktivít v súvisе s hľadaním riešení na posilnenie bezpečnosti

dodávky energií pre kritické procesy a zmiernenie negatívneho dosahu klimatických zmien. Výsledky projektu budú použiteľné pre široké medzinárodné spektrum subjektov v oblasti plánovania, modelovania, simulácie a budovania mikrogridov.

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt Medzinárodné centrum excelentnosti pre výskum inteligentných a bezpečných informačno-komunikačných technológií a systémov – II. etapa, kód ITMS: 313021W404, spolufinancovaného zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Táto práca vznikla vďaka Agentúre na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0157.

Literatúra

[1] Perný, M. – Janiček, F. – Šály, V. – Packa, J. – Kováč, Z.: Fakulta elektrotechniky a informatiky STU participuje na významnom projekte z oblasti smart energetiky. In: Energetika, strojárstvo 2022. Bratislava: Infoma Business Trading 2021, s. 63 – 66. ISBN 978-80-89087-91-4.

[2] Janiček, F. – Šály, V. – Packa, J. – Perný, M. – Kováč, Z. – Szabová, M.: STU, Slovenská akadémia vied a priemyselní partneri riešia v rámci spoločného projektu kľúčové otázky zo smart energetiky. In: Magazín mobilita – stroje – technológie – ekológia, 2021, č. 16, s. 48 – 50.

[3] Poničan, J. – Kurcz, J. – Perný, M. – Slávik, J. – Janiček, F. – Sadloň, M. – Simančík, F. – Gebura, M. – Jarás, M. – Kment, A. – Pípa, M.: Aplikovaný výskum inteligentných OZE vyústil do významnej spolupráce STU, SAV a priemyselných partnerov (1.). In: ATP Journal, 2022, roč. XXIX, č. 4., s. 62 – 64.

[4] Poničan, J. – Kurcz, J. – Perný, M. – Slávik, J. – Janiček, F. – Sadloň, M. – Simančík, F. – Gebura, M. – Jarás, M. – Kment, A. – Pípa, M.: Aplikovaný výskum inteligentných OZE vyústil do významnej spolupráce STU, SAV a priemyselných partnerov (2.). In: ATP Journal, 2022, roč. XXIX, č. 5, s. 41 – 43.

prof. Ing. František Janiček, PhD. ¹⁾
frantisek.janicek@stuba.sk

Dr. Ing. František Simančík ²⁾
simancik@up.upsav.sk

Ing. Peter Chochol, PhD. ³⁾
peter.chochol@sfera.sk

Ing. Rastislav Krbaťa, PhD. ³⁾

Ing. Milan Perný, PhD. ¹⁾

Ing. Marek Mokráň ¹⁾

Ing. Ján Poničan ¹⁾

Ing. János Kurcz ¹⁾

Ing. Jakub Slávik ¹⁾

Mgr. Matej Sadloň ¹⁾

Ing. Marek Gebura, PhD. ²⁾

Ing. Milan Jarás, PhD. ²⁾

Ing. Attila Kment, PhD. ¹⁾

Ing. Marek Pípa, PhD. ¹⁾

¹⁾ Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

²⁾ Slovenská akadémia vied
Ústav materiálov a mechaniky strojov
Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

³⁾ sféra, a.s.
Karadžičova 2, 811 08 Bratislava