

Jozef Király

## Nabíjanie elektromobilov a ich vplyv na prevádzku elektrickej siete

Článok sa zaoberá všeobecným prehľadom nabíjania elektromobilov rôznych druhov, s prihliadnutím na vplyv prevádzky nabíjačiek týchto vozidiel na prevádzku distribučnej siete. Pre posúdenie uvedeného vplyvu sú v článku navrhnuté modely pre simuláciu časových priebehov dodávky a spotreby z pohľadu rezidenčnej a priemyselnej oblasti. Pre demonštráciu bola v článku vykonaná ukázková simulácia pre definovanú oblasť.

Kľúčové slová: nabíjanie AC; nabíjanie DC, vehicle 2 grid, vehicle 2 vehicle, vehicle 2 everything

The article deals with a general overview of the charging of electric vehicles of various types, taking into account the impact of the operation of the chargers of these vehicles on the operation of the distribution network. To assess this impact, the article proposes models for simulating the time courses of supply and consumption from the perspective of residential and industrial areas. For demonstration, a sample simulation for a defined area was performed in the article. **(Charging of electric cars and their influence on the operation of the distribution grid)**

Keywords: AC charging; DC charging, vehicle 2 grid, vehicle 2 vehicle, vehicle 2 everything

### I. ÚVOD

Prevádzka elektromobilov a s tým neoddeliteľne spojené nabíjanie z elektrickej siete môžu významným spôsobom ovplyvniť prevádzku distribučnej siete. Popísanie typu nabíjania a teda aj vplyvu na distribučnú sieť je do značnej miery závislé na konkrétnom type elektrického vozidla – a teda či ide o batériové vozidlo, alebo hybridné vozidlo s možnosťou nabíjania. V súčasnosti je trend nárastu počtu elektrických vozidiel v Európe značný, keďže medziročne došlo k zvýšeniu registrácie týchto vozidiel z 3,5% na 11% z celkového počtu registrovaných vozidiel [1]. Na základe týchto faktov je nutné posudzovať elektromobilitu ako jeden z budúcich významných vplyvov na priebeh a charakter odberov v distribučnej sústave.

### II. NABÍJANIE ELEKTROMOBILOV VŠEOBECNE

#### AC NABÍJANIE A RIADENIE ZÁŤAŽE

Jedným z najrozšírenejších spôsobov nabíjania je práve nabíjanie striedavým prúdom s využitím palubnej nabíjačky vozidla. Nabíjanie sa realizuje buď použitím nástenných nabíjačiek s výkonom do cca 22kW. AC nabíjanie je možné rovnako použitím externých nabíjačiek napájaných z 230V zásuviek. Limitom tohto typu nabíjania je práve palubná nabíjačka vozidla ktorá určuje maximálny výkon nabíjania batérií, pričom pri čisto elektrických vozidlách je spravidla do 22kW a pri hybridných vozidlách do 3,6kW. Rizikovým vplyvom práve pre prevádzku elektrickej siete, resp. v menšom meradle elektrickej inštalácie domácnosti s inštalovaným obnoviteľným zdrojom energie napr. fotovoltaickou elektrárnou je práve aplikácia týchto nabíjačiek ktoré dokážu v určitých konfiguráciách zaťažovať iba jednu fázu, a teda z pohľadu asymetrie záťaže predstavujú potencionálny problém.

Ďalším problematickým vplyvom môže byť pri inštaláciách AC nabíjania v domácnostiach použitie riadenia výkonu nabíjacej stanice s prihliadnutím na využitie celej maximálnej rezervovanej kapacity odberného miesta (definovanej hlavným ističom odberného miesta),

kde pri takto riadenom nabíjaní vo viacerých domácnostiach môže dôjsť k vybaveniu nadradeného ističieho prvku na úrovni distribučnej trafostanice. Preto z pohľadu budúceho rozvoju siete je nutné prihliadať aj na tento fenomén ktorý môže do značnej miery ovplyvniť hodnotu uvažovaného koeficientu súdobosti  $\beta$ .

#### DC NABÍJANIE

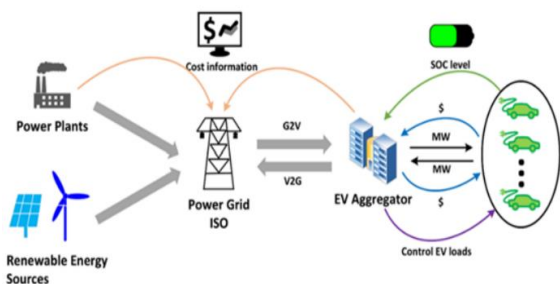
Na rozdiel od AC nabíjania je DC nabíjanie charakterizované usmernením striedavého prúdu a priame nabíjanie batérie vozidla s výkonom od cca 50kW do 350kW. Na rozdiel od AC nabíjania však ide vo väčšine prípadov o symetrickú záťaž. Priebeh samotného nabíjania je riadený a ovplyvnený v zásade iba tepelným manažmentom batérie, aby sa dosiahlo čo najmenšie opotrebenie batérie spolu s čo najkratším časom nabíjania.

Keďže DC nabíjanie je sústredené vo väčšine prípadov v sústredených nabíjajúcich bodoch, je práve priebeh a miera zaťaženia v sieti zásadná. Riešením je inštalácia batériových úložísk pre riadenie toku energie z distribučnej siete a batérií za účelom optimálneho využitia dostupnej kapacity v danom bode siete. Tento fakt je rovnako podporený skutočnosťou, že umiestnenie týchto nabíjajúcich bodov je práve v miestach s požiadavkou na rýchle nabitie na tranzitných trasách, pri diaľniciach a pod. Takáto poloha mnohokrát limituje práve možnosťou inštalovania zariadení s tak vysokým výkonom spolu s koeficientom súdobosti  $\beta=0,8-0,9$ .

#### NABÍJANIE A DODÁVKA DO SIETE (V2G, V2V)

Jednou z možností manažmentu energií okrem inštalovania batériových úložísk je použitie systémov vehicle2grid resp. vehicle2vehicle. Inštalovanie tejto technológie predpokladá vo všeobecnosti inštaláciu v smart grid sieťach, kde je umožnená komunikácia medzi jednotlivými prvkami v distribučnej sieti, pričom práve vďaka tejto komunikácii dochádza k dodávke elektrickej energie aj v reverznom smere z batérií pripojených elektromobilov do siete za účelom kompenzácie nedostatočnej kapacity v určitom bode. Okrem samotnej dostupnej kapacity elektrickej energie v batériách vozidiel je v tomto prípade dôležité rovnako poznať, resp. predikovať

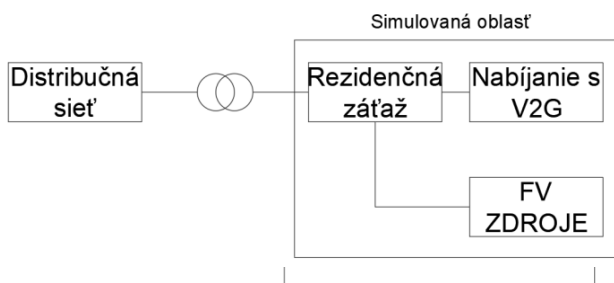
model správania sa jednotlivých pripojených automobilov do distribučnej siete, ktoré poskytujú uvedenú funkcionálnosť. Okrem uvedených modelov správania sa je rovnako výhodovo aj z pohľadu nabíjania uvažovať s modelom vehicle 2 everything, ktorý môže slúžiť nielen pre vzájomné zdieľanie dát pre riadenie toku energie, ale rovnako napr. pre využitie v riadení dopravy, parkovania a pod. Všeobecný mechanizmus V2X je uvedený na nasledujúcom obrázku:



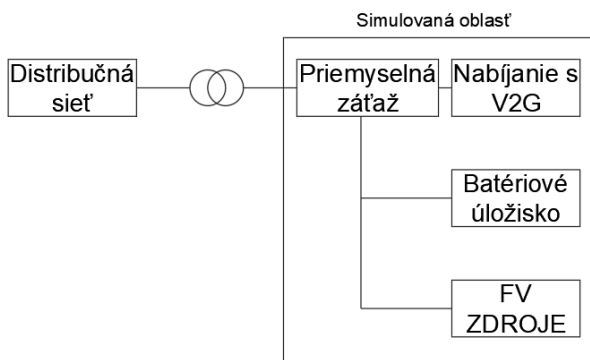
Obr. 1. V2X topológia [2].

### III. MODEL SIMULOVANEJ SIETE

Model simulovanej siete pre popisovanie zmien, resp. časových priebehov výkonu v sieti ovplyvnených nabíjaním elektrických vozidiel je znázornený na obrázkoch nižšie. Na obr. č.2 je znázornená topológia pre simuláciu AC nabíjania v rezidenčnej oblasti, pričom veľkosť a rovnako počet nabíjaných vozidiel resp. vozidiel nabíjaných ale aj dodávajúcich elektrickú energiu do siete by mal byť definovaný na základe reálnych požiadaviek. Môžeme teda uvažovať s cca 32ks odberných miest a cca 10 vozidiel v režime AC nabíjania a 5 vozidiel v režime V2G. Distribučná sieť by mala byť v tomto prípade definovaná distribučnou trafostanicou 22/0,42kV s výkonom 800kVA.



Obr. 2. Simulovaná topológia pre AC nabíjanie v rezidenčnej oblasti



Obr. 3. Simulovaná topológia pre DC nabíjanie v blízkosti tranzitu.

Simulácia DC nabíjania spolu s aplikáciou batériového úložiska by mala pozostávať nielen z týchto dvoch komponentov, ale pre predpokladanú častú inštaláciu týchto nabíjajúcich bodov v blízkosti diaľnic a teda aj priemyselných parkov je nutné uvažovať aj so záťažou v podobe priemyslu. Pre štandardný nabíjajúci bod môžeme uvažovať s DC nabíjaním (cca 5x180kW) a rovnako AC nabíjaním s funkciou V2G práve pre flotilové vozidlá priemyslu (50ks V2G s výkonom do 11kW). Batériové úložiská je možné uvažovať s celkovým výkonom do cca 500kW. Pre zásobovanie takéhoto klastra môžeme uvažovať s 4ks distribučných trafostaníc s celkovým výkonom do 6,4MVA. Takáto sieť reprezentujúca typické usporiadanie môže byť vhodným podkladom pre ďalšie simulácie.[3]

Nemenej dôležitou súčasťou dnešnej elektroenergetiky je rovnako inštalácia obnoviteľných zdrojov energie, ktoré práve vo forme fotovoltaických elektrární predstavujú nezanedbateľnú a ťažko predikovateľnú časť výroby elektrickej energie. Pre rezidenčnú oblasť je možné uvažovať s vysokou penetráciou týchto zdrojov (80% odberných miest s výkonmi jednotlivých elektrární na úrovni do 10kW) a rovnako pri priemyselnej záťaži vzhľadom na vysoký podiel plochých striech tzv. brown – fieldov vhodných pre inštaláciu veľkých fotovoltaických elektrární s výkonmi do 1MW.[4]

Takto navrhnuté modely môžu reprezentovať schémy a situácie práve reflektujúce podmienky najviac vplyvujúce na stabilitu a kvalitu dodávky elektrickej energie v distribučných sieťach.

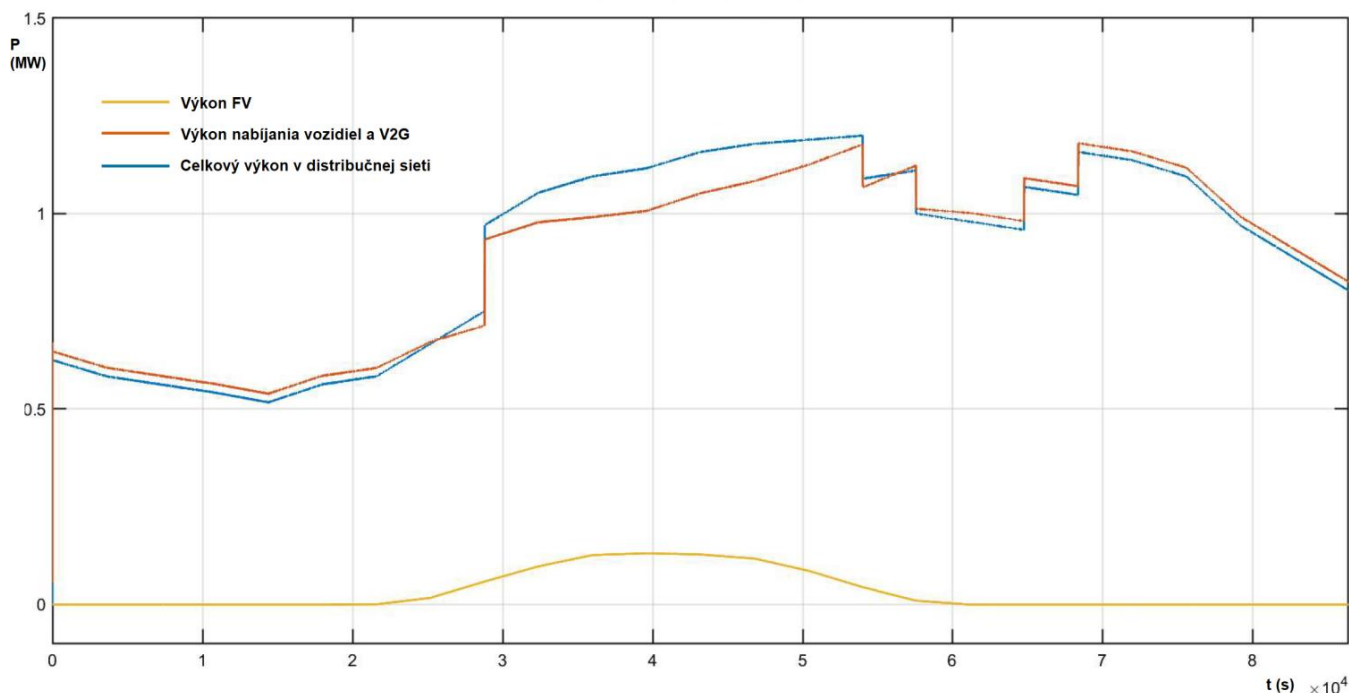
### IV. SIMULÁCIA PRIEBEHU VÝKONU

Pre demonštráciu navrhovaných modelov bola vykonaná simulácia v rezidenčnej oblasti podľa topológie navrhnutéj v predchádzajúcej kapitole. Na strane zdrojov bolo v tejto sústave zvolených 10 vozidiel pripojených do siete v režime V2G spolu s decentralizovanou výrobou elektrickej energie prostredníctvom fotovoltaických elektrární inštalovaných na strechách rodinných domov (celkový počet 30ks s výkonom 300kWp). Priebeh výkonu dodávaného do siete z tohto zdroja bol daný iradiáciou ktorá bola definovaná funkciou. Nezanedbateľnou časťou na strane zdrojov bola distribučná sieť reprezentovaná distribučnou trafostanicou s výkonom 800kVA.

V rámci časového priebehu je znateľný moment pripojenia a plánovaného nabíjania resp. dodávky el. energie zo strany vozidiel v čase od 8:00 a následne dodávka výkonu, resp. korekcia aj na základe dodávok zo strany fotovoltaických elektrární.

V čase od cca 15:00 dochádzalo k obmene vozidiel za vozidlá s čiastočne vybitou batériou a teda dochádzalo k nárazovému nabíjaniu čo je práve reprezentované zmenou priebehu a špičkami v prvej časti a následne po ďalšej obmene za vozidlá ktoré sa opätovne vrátili nabíjať a zostali pripojené po celú noc sa priebeh výkonu opäť ustálil.

Uvedený priebeh dostatočným spôsobom popisuje správanie sa pripojených vozidiel v globále z pohľadu nabíjania. V prípade ak by bolo potrebné podrobnejším spôsobom popísať vplyv náhodného nabíjania, resp. dodávky do siete, bolo by vhodné zvoliť niektorú z metódik ako napr. použitie neuronových sietí na popisovanie modelu správania sa resp. iný stochastický matematický model. Vzhľadom na individuálnosť správania sa by aplikácia reálnych modelových dát z jedného prípadu nemusela postačovať pre popisovanie správania sa v globále.



Obr. 4. Časový priebeh spotreby a výroby v simulovanej sieti

## V. ZÁVER

Téma nabíjania elektromobilov a vplyv tohto nabíjania na prevádzku distribučnej siete je vysoko aktuálna a z pohľadu trendu vývoja počtu elektromobilov z dôvodu environmentálneho znižovania záťaže z dopravy nepredpokladáme zvrät v najbližšom období.

Cieľom tohto článku bolo priblížiť vo všeobecnosti úskalia jednotlivých typov nabíjania a predostrieť úvod do možností simulácie priebehov spotreby a výroby v určitých distribučných sieťach.

Ako bolo na časovom priebehu spotreby a výroby demonštrované, nabíjanie, resp. dodávka elektrickej energie do siete z pohľadu nabíjačiek môže v značnej miere spolu s decentralizovanými zdrojmi ovplyvniť priebeh dodávky elektrickej energie zo strany distribučnej sústavy. Z tohto dôvodu je pre prax dôležité v budúcnosti nielen získavať reálne dáta o oblastiach a sieťach kde sa takéto systémy prevádzkujú, ale tiež vytvárať funkčné modely správania sa distribučnej siete, čím sa zabezpečí predikcia prechodných javov spojených s nabíjaním a teda zvýšenie kvality a stability dodávky elektrickej energie.

## POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0576.

## LITERATÚRA

- [1] New registrations of electric vehicles in Europe. European Environment Agency [online]. Kodaň: EEA, 2021, 18.11.2021 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>
- [2] C. Corchero and M. Sanmarti, "Vehicle-to-Everything (V2X): Benefits and Barriers," 2018 15th International Conference on the European Energy Market (EEM), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEM.2018.8469875.
- [3] J. Zhang, Y. Wang, J. Li and Y. Xu, "Day-Ahead Operation of EV Charging Station in a Logistics Center Considering Charging Behaviors of Different Types of EVs," 2021 IEEE 11th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2021, pp. 626-631, doi: 10.1109/CYBER53097.2021.9588267.
- [4] M. Roccotelli, A. M. Mangini and M. P. Fanti, "Smart District Energy Management With Cooperative Microgrids," in IEEE Access, vol. 10, pp. 36311-36326, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3163724.

## ADRESY AUTOROV

Jozef Király, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [jozef.kiraly@tuke.sk](mailto:jozef.kiraly@tuke.sk)