

# EVROPSKÝ PROJEKT INTERFLEX – PREZENTACE AKTUÁLNÍCH VÝSLEDKŮ PROJEKTU

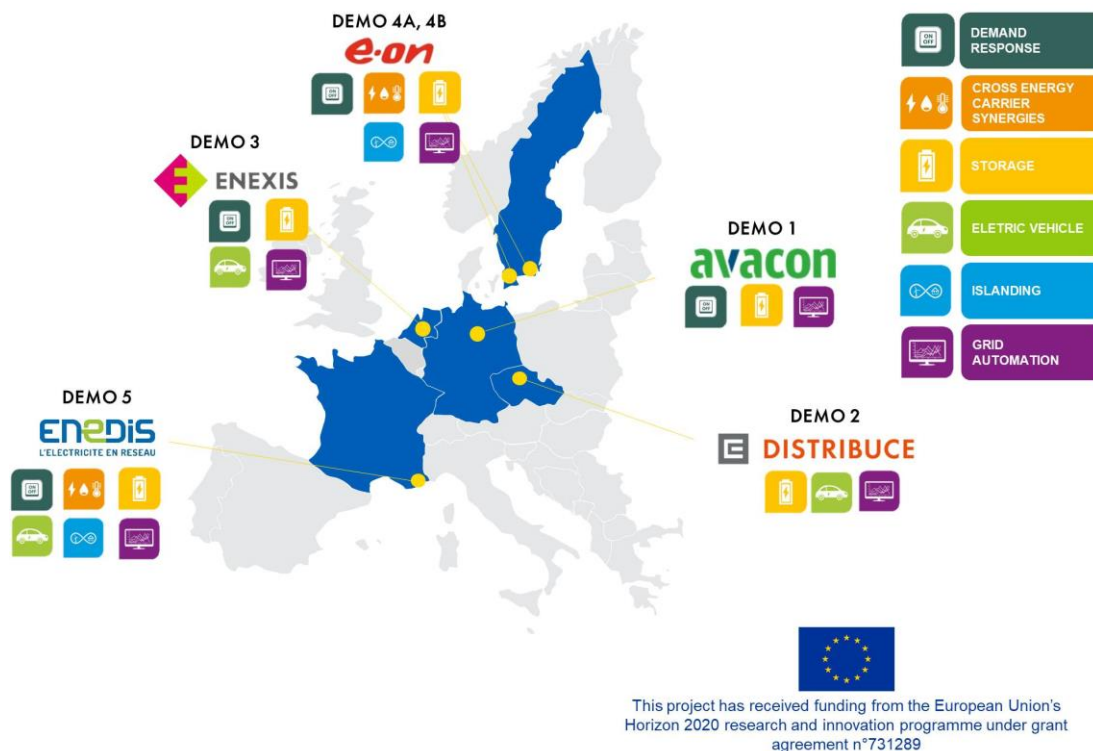
Stanislav Hes, Pavel Derner, Jan Kůla, Jan Švec, ČEZ Distribuce, a. s.

Příspěvek obsahuje informace o aktuálních výsledcích evropského projektu Interflex, kterého se společnost ČEZ Distribuce účastní jako vedoucí pracovního balíčku Demo2. Projekt Interflex je zaměřený na zvyšování flexibility v sítích evropských distributorů a je spolufinancován ze strany Evropské komise v rámci programu Horizon 2020. Část projektu pod vedením ČEZ Distribuce (Demo2) je zaměřena na testování funkcí, které zatím nejsou standardem v rámci distribučních sítí. Hlavním cílem je zvýšit možnosti připojování decentralních výroben a zefektivnit integraci dobíjecích stanic pro elektromobily do distribuční soustavy. Demo2 se zaměřuje a) na integraci FVE s funkcemi Q(U) a P(U); b) na U/Q regulaci výroben připojených do hladiny vn (FVE, VTE, BPS, MVE); c) na vývoj a nasazení chytrých dobíjecích stanic pro elektromobily; d) integraci FVE ve spojení s akumulací na straně zákazníka (baterie). Tento příspěvek je rozšířením příspěvku „Evropský projekt InterFlex“, který byl prezentován na konferenci ČK CIRED 2017.

## 1. INTERFLEX

Projekt InterFlex byl podpořen z výzvy LCE-2-2016 (Demonstration of smart grid, storage and system integration technologies with increasing share of renewables: distribution system) v rámci programu Horizon 2020. Výzva je zaměřená na výzkum a testování chytrých distribučních sítí, akumulaci a integraci systémových technologií v prostředí zvyšujícího se podílu obnovitelných zdrojů energie.

„Horizont 2020 – rámcový program EU pro výzkum a inovace“ (H2020, Horizon2020), jak zní celý název programu, je největším a nejvýznamnějším programem EU financujícím výzkumné, vývojové, demonstrační i inovační projekty na evropské úrovni. H2020 se zaměřuje na větší podporu inovací, klade důraz na propojení výzkumu a inovací v návaznosti na trh a na vytváření podnikatelských příležitostí.



obrázek 1 InterFlex – evropské distribuční společnosti zapojené do projektu

Projektu InterFlex vedeného společností Enedis se účastní pět provozovatelů distribučních soustav (Avacon [DE], ČEZ Distribuce [CZ], Enedis [FR], Enexis [NL], EON [SE]) společně s dodavateli, obchodníky s elektrickou energií a výzkumnými organizacemi tvoří dvacetičlenné projektové konsorcium. InterFlex sestává z celkem devíti pracovních balíčků: pět demonstračních projektů (každý vede jeden z účastníků se provozovatelů distribuční soustavy) a čtyři obecné pracovní balíčky (Management, Technická specifikace, Analýza využitelnosti, Publicita). Projekt byl zahájen v lednu 2017 a bude dokončen v prosinci 2019.

## 2. CÍLE ČEZ DISTRIBUCE V RÁMCI PROJEKTU INTERFLEX

Společnost ČEZ Distribuce v projektu InterFlex v této chvíli reálně testuje prioritní témata smart grids zaměřená na integraci obnovitelných a decentralních zdrojů do distribuční soustavy, akumulaci elektrické energie na straně zákazníků a integraci dobíjecích stanic pro elektromobily do distribuční soustavy. Získané poznatky jsou předávány jako vstup do obecných pracovních balíčků, kde je zajištěno posouzení možného nasazení testovaných funkcí na celoevropské úrovni.

Partnery demonstračního projektu vedeného společností ČEZ Distribuce (Demo2) jsou Austrian Institute of Technology, ČEZ Solární, Fronius, Schneider Electric a Siemens.

Demo2 je zaměřeno na testování čtyř hlavních oblastí:

- Zvýšení připojitelnosti FVE na hladině nn díky chytrým střídačům
- Zvýšení připojitelnosti decentralních výroben na hladině vn díky U/Q regulaci
- Chytré dobíjecí stanice pro elektromobily
- Chytrá akumulace na straně zákazníka

Před vlastním nasazením technologií v rámci vybraných lokalit proběhlo otestování vybraných zařízení a jejich funkcí v rámci laboratoře Austrian Institute of Technology (AIT). Testovány byly fotovoltaické střídače včetně baterií (Fronius, Schneider Electric) a dobíjecí stanice pro elektromobily (Schneider Electric a Siemens).

### 2.1. ZVÝŠENÍ PŘIPOJITELNOSTI FVE NA HLADINĚ NN DÍKY CHYTRÝM STŘÍDAČŮM

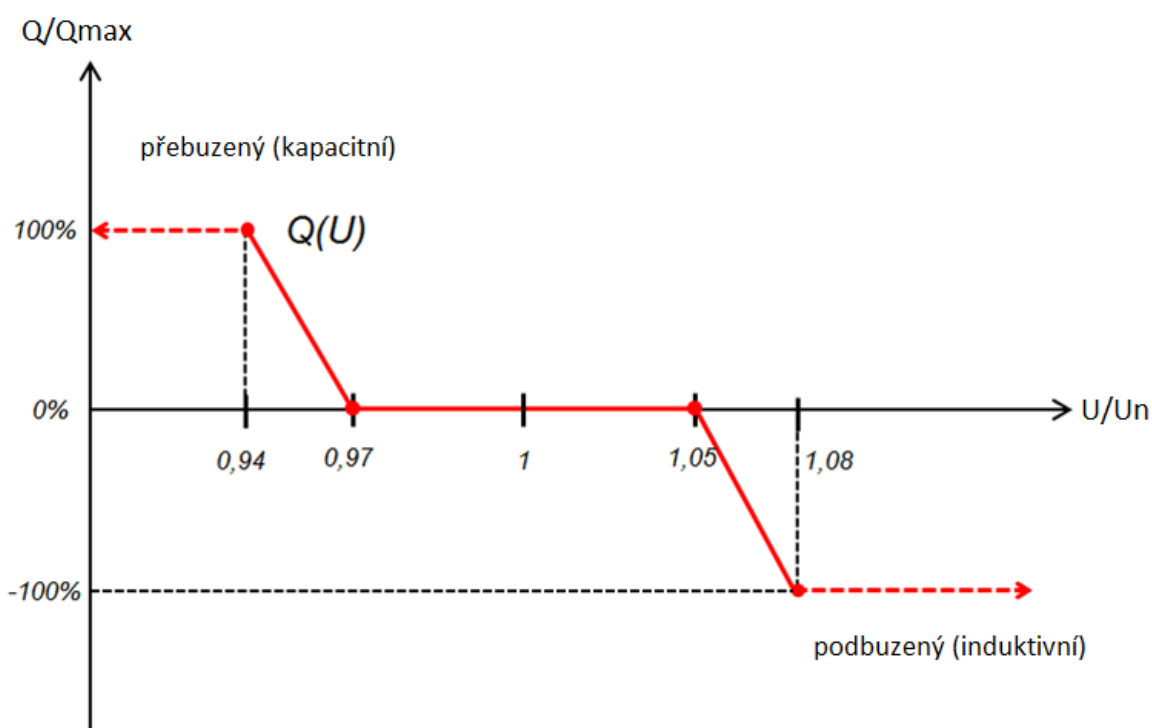
V rámci pilotního projektu InterFlex byly ve vybraných lokalitách na území ČEZ Distribuce instalovány střešní fotovoltaické elektrárny s novými pokročilými funkcemi střídačů - Q(U) a P(U), které umožňují stabilizovat napětí v distribuční soustavě při provozu výroben. Pokročilé funkce střídačů umožňují připojit vyšší instalovaný výkon, než je aktuálně možné dle Pravidel provozování distribuční soustavy (PPDS), přílohy č. 4, článku 10.1 (zvýšení napětí pro výrobní s přípojným místem v nn nesmí překročit 3 %) bez rizika překročení parametrů kvality napětí dle normy ČSN EN 50160. ČEZ Distribuce v rámci tohoto pilotního projektu umožnila připojení většího počtu výroben s novými pokročilými funkcemi střídačů s vyšší vyvolanou změnou napětí, než je dle tohoto článku PPDS možné. Jde o jedinou možnost, jak v reálném provozu demonstrovat pozitivní efekt nových pokročilých funkcí střídačů na regulaci napětí, který umožní zvýšit množství připojitelného výkonu decentralních výroben k distribuční soustavě. V lokalitě Divišov je na testovaném vývodu nn osazeno o 33,7 % více instalovaného výkonu FVE a v lokalitě Těptín dokonce o 77,1 % více instalovaného výkonu FVE než by bylo standardně dle stávajících PPDS, přílohy č.4 povoleno – viz. porovnání v tabulce č.1.

Před samotnou instalací FVE došlo u vybraných střídačů Fronius a Schneider Electric k úspěšnému otestování charakteristik Q(U) a P(U) v laboratoři Austrian Institute of Technology ve Vídni.

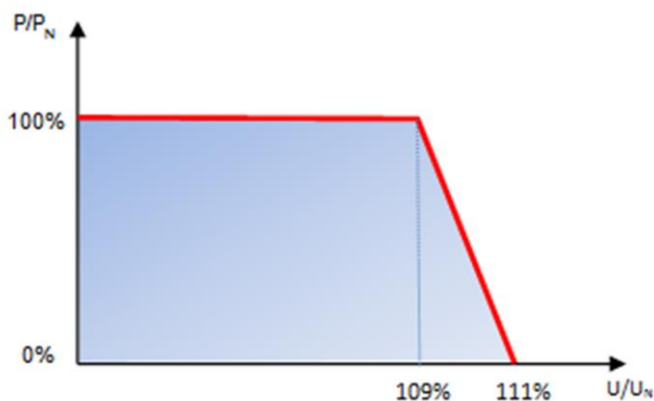
Zvýšení připojitelnosti FVE na hladině nn je možné díky nasazení střídačů s autonomními charakteristikami Q(U) a P(U). Obě funkce pracují autonomně bez nutnosti komunikace se systémy provozovatele distribuční soustavy a jejich zprovoznění proběhlo při uvádění střídačů do provozu pomocí místního nastavení charakteristických bodů. Obě charakteristiky jsou popsány například v normách ČSN EN 50438 ed.2 a PNE 33 3430 - 8 - 1.

	Připojitelnost dle PPDS, přílohy č.4 [kWp]	Připojitelnost umožněná v projektu InterFlex [kWp]	Navýšení připojitelnosti v projektu InterFlex oproti PPDS, přílohy č.4 [%]	Změna napětí vyvolaná připojením FVE v oblastech projektu InterFlex [%]
Divišov	38,4	51,4	33,7	3,83
Těptín	14,6	25,7	77,1	5,03

tabulka 1 Porovnání možné připojitelnosti dle PPDS, přílohy č. 4 s připojitelností umožněnou v rámci projektu InterFlex (testované vývody nn v lokalitách Divišov a Těptín) – pro nové FVE v daných lokalitách



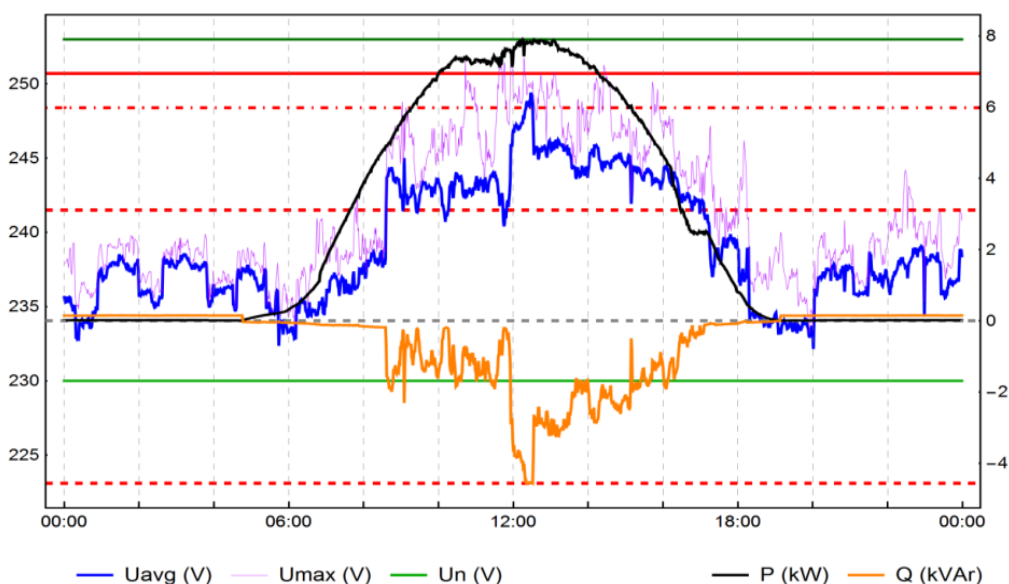
obrázek 2 Autonomní charakteristika  $Q(U)$  – nastavení používané pro FV střídače v projektu InterFlex v oblastech ČEZ Distribuce



obrázek 3 Autonomní charakteristika  $P(U)$  – nastavení používané pro FV střídače v projektu InterFlex v oblastech ČEZ Distribuce

V rámci projektu Interflex jsou funkce testovány ve 2 oblastech s různou topologií sítě - v první oblasti (Těptín) převažuje kabelové vedení nn, v druhé oblasti (Divišov) je vývod kombinací venkovního vedení a kabelu. V obou případech se jedná o delší vývody nn s tenkými průřezy vodičů na konci vedení, s malou připojitelností, kde byly FVE v rámci projektu InterFlex nainstalované. V lokalitě Divišov jsou také nainstalovány starší FVE mimo projekt bez možnosti regulace napětí pomocí funkcí Q(U) a P(U). Volba různých topologií sítě umožňuje porovnání přínosů charakteristik. Z reálně naměřených dat vyplývá, že díky charakteristice Q(U) dochází pravidelně k regulaci napětí pomocí jalového výkonu - v případě vyššího napětí pracují střídače v podbuzeném režimu dle zadané křivky a tím pádem dochází ke kompenzaci nárůstu napětí, které je vyvolané dodávkou FVE do DS. V ojedinělých případech (typicky několik minut za den), kdy se napětí v jakékoli z fází nachází nad hodnotou 109 %  $U_n$ , dochází k menšímu omezení výroby některých FV střídačů díky funkci P(U). Uvedená regulace pomocí funkce P(U) má minimální dopad na roční výrobu FVE. Příklad chování funkcí Q(U) a P(U) je uveden na obr.4 níže.

7.5.2018



obrázek 4 Odezva funkcí Q(U) a P(U) na měřenou hodnotu napětí v místě připojení střídače

Pro účely ověření vlivu funkcí na napětí v DS jsou v obou oblastech nasazeny i OLTC transformátory (zajišťují možnost regulovat napětí v síti nn pro potřeby testování). Pro potřeby pravidelného vyhodnocení kvality el. energie dle ČSN EN 50160 jsou v obou lokalitách osazeny přístroje MEG38 s GPRS komunikací.

Cílem testování je nalézt ekonomicky efektivní řešení budoucí integrace decentrálních výroben na hladině nn. Testování nových pokročilých funkcí střídačů probíhá se souhlasem provozovatelů střešních fotovoltaických elektráren a v daných lokalitách nedochází k překročení limitních hodnot kvality napětí pro zákazníky dle normy ČSN EN 50160. Instalaci střešních fotovoltaických elektráren v rámci projektu InterFlex zajistil partner projektu - ČEZ Solární.

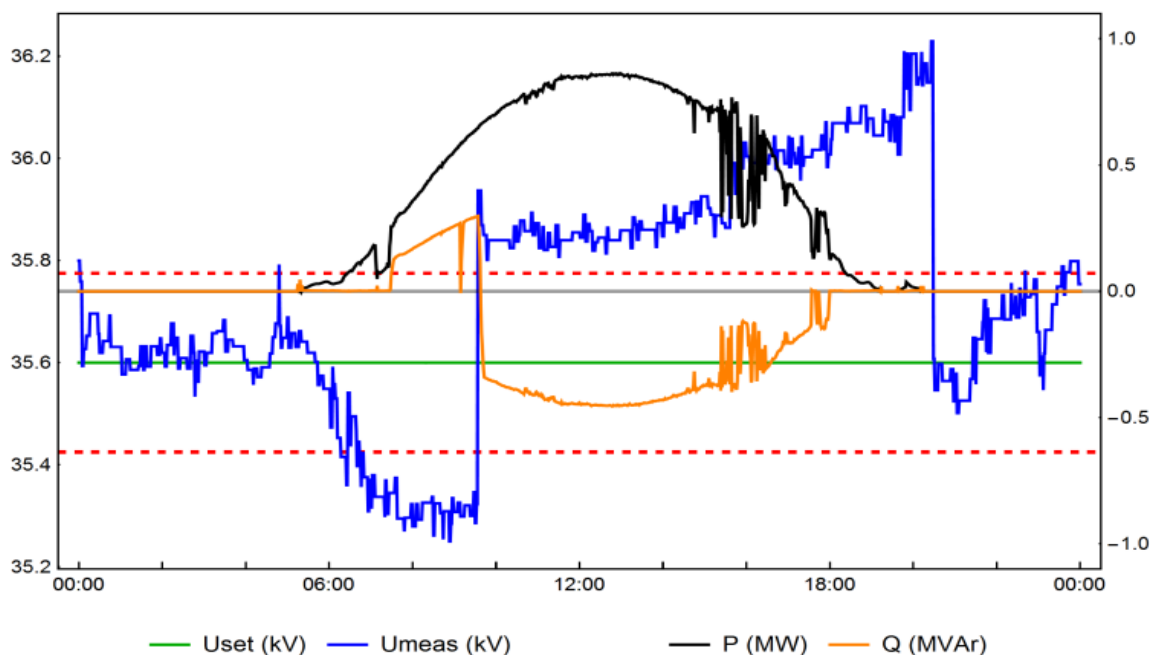
ČEZ Distribuce na základě výsledků testování navrhne interní úpravu výpočtu připojitelnosti decentrálních výroben na hladině nn (za podmínky, že budou všechny nové výroben prokazatelně vybaveny funkcemi Q(U) a P(U)).

## 2.2. ZVÝŠENÍ PŘIPOJITELNOSTI DECENTRÁLNÍCH VÝROBEN NA HLADINĚ VN DÍKY U/Q REGULACI

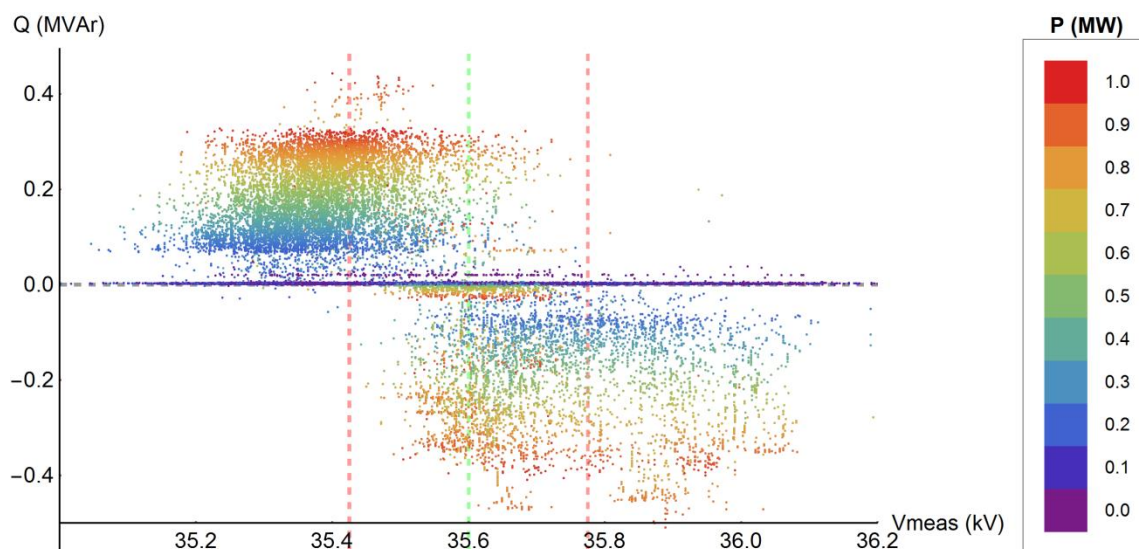
V rámci pilotního projektu InterFlex jsou ve vybraných lokalitách ČEZ Distribuce stávající decentrální výrobní (FVE 1,1 MW, VTE 4,6 MW, Bioplyn 1,25 MW a nově i MVE 6,4 MW) připojené do hladiny vn doplňovány o funkci U/Q regulace proto, aby byly zajištěny menší napěťové změny v distribuční soustavě vyvolané provozem výroben. U/Q regulace je jednou z funkcionalit dispečerského řízení. Decentrální výrobní s U/Q regulací přijímají z Dispečerského Řídicího Systému (DRS) ČEZ Distribuce požadované hodnoty napětí na které regulují díky cílené dodávce/odběru jalového výkonu v rozsahu  $\cos \phi$  0,95ind. - 1 - 0,95kap. Generáto-

ry/střídače v podbuzeném režimu snižují napětí a naopak v přebuzeném režimu napětí zvyšují. Velikost vlivu změny dodávky/odběru jalového výkonu na napětí závisí na místě připojení výroby (tedy na impedanci). Vhodné výroby byly již vybrány před samotným zahájením projektu v rámci přípravy a byla domluvena součinnost provozovatelů. Aktuálně jsou tímto systémem vybaveny FVE Žamberk a VTE Kopřivná a dle dosud vyhodnocených dat z měření funguje U/Q regulace na obou instalacích dle předpokladů – viz. příklady na obr.5 a obr.6. Do konce roku 2018 se předpokládá zprovoznění této regulace na BPS Dětenice a MVE Vydra.

29.5.2017



obrázek 5 Vyhodnocení funkce U/Q regulace (regulace na zadanou hodnotu napětí) na FVE Žamberk 1,1 MWp



Obrázek 6 Vyhodnocení statistického rozložení naměřených dat v rámci U/Q regulace (regulace na zadanou hodnotu napětí) na FVE Žamberk 1,1 MWp

ČEZ Distribuce na základě výsledků testování v projektu InterFlex a na základě testování v předchozích projektech navrhla interní úpravu výpočtu připojitelnosti decentrálních výroben na hladině vn (za podmínky, že jsou nové výroby vybaveny U/Q regulací).

### 2.3. CHYTRÉ DOBÍJECÍ STANICE PRO ELEKTROMOBILY

V rámci projektu InterFlex ČEZ Distribuce nainstalovala několik kusů dobíjecích stanic pro elektromobily s konektory Mennekes, které jsou využity pro potřeby testování a do budoucna budou sloužit pro dobíjení firemní flotily.

Dobíjecí stanice v projektu jsou neveřejné, slouží pouze pro potřeby ČEZ Distribuce (identifikace je řešena pomocí identifikační karty) a jsou napájeny ze samostatného a nového fakturačně měřeného vývodu z DTS jako ostatní spotřeba v majetku ČEZ Distribuce.



obrázek 7 Dobíjecí stanice Siemens umístěná v lokalitě Děčín (2xkonektory Mennekes 3x32A/400V)



obrázek 8 Dobíjecí stanice Schneider Electric umístěné v lokalitě Hradec Králové (každá stanice má 1x konektor Mennekes 3x32A/400V + domácí zásuvku 1x16A/230V)

Dobíjecí stanice pro elektromobily jsou vybaveny nadstandardními funkcemi pro zajištění omezení dobíjecího výkonu v případě mezních stavů v DS. Dobíjecí výkon je autonomně limitovaný na 50 % (nebo na 0 % u dobíjecí stanice Smart wallbox od Schneider Electric v Hradci Králové) ve všech 3 fázích v případě podpětí, podfrekvence nebo v případě signálu obdržení od ČEZ Distribuce (přes systém HDO). Funkce na dobíjecích stanicích Schneider Electric a Siemens byly otestovány v laboratoři AIT ve Vídni a následně došlo k samotné instalaci v rámci uvedených lokalit. V současné době probíhá testování, první výsledky potvrzují správnou funkci dle zadání, které bylo požadováno v projektu a dobíjecí stanice po obdržení signálu prostřednictvím systému HDO omezují dobíjecí výkon.

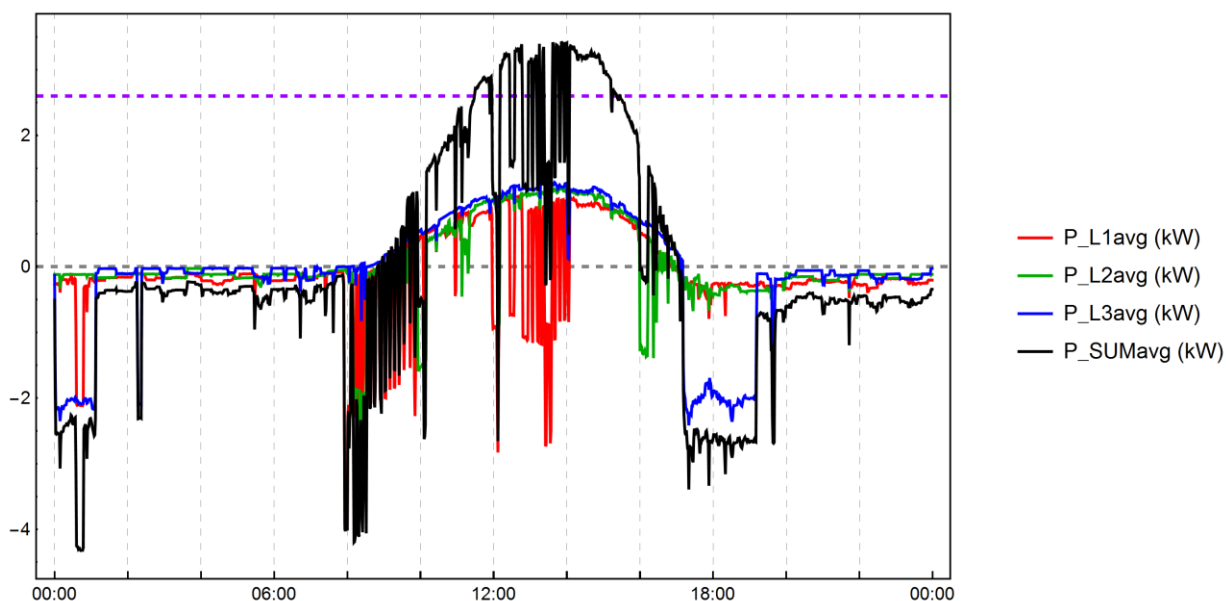
V průběhu dobíjení je měřena i kvalita elektrické energie (např. většina stávajících elektromobilů je vybavena i interními dobíječkami s výkonem nad 3,7 kW, které zvyšují riziko výkonové/napěťové nesymetrie). Na základě výsledků projektu se očekává iniciování úprav pravidel pro nabíjení elektromobilů s ohledem na potřebu rozložit dobíjecí výkony v čase a na potřebu snížit výkonové/napěťové nesymetrie v DS, které může dobíjení způsobovat.

#### 2.4. CHYTRÁ AKUMULACE NA STRANĚ ZÁKAZNÍKA

V rámci pilotního projektu InterFlex se v jedné vybrané lokalitě na území ČEZ Distribuce instalují střešní fotovoltaické elektrárny s hybridními střídači společně s akumulací elektrické energie v bateriích na straně zákazníka. Baterie umožní automaticky dodávat výkon do distribuční soustavy v případě podfrekvence, podpětí nebo na pokyn ČEZ Distribuce (přes HDO). Dále je zde testováno omezení dodávaného výkonu systému s hybridními střídači a bateriemi (omezení maximálního přetoku na 50 % instalovaného výkonu panelů součtově) jako nástroj pro zvýšení připojitelnosti a probíhá porovnávání se stavem, kdy je funkce omezení přetoku vypnuta (viz. obr.9).

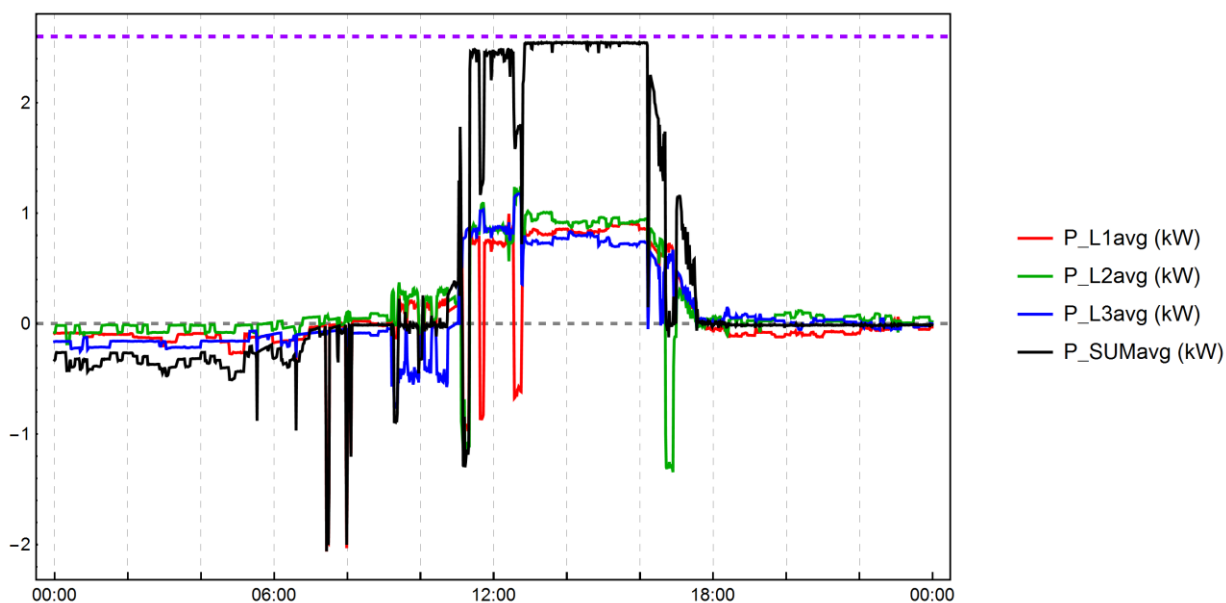
Řešení umožňuje zvýšení připojitelnosti FVE díky omezení hodnoty maximálního přetoku výkonu do distribuční soustavy. Je třeba ovšem počítat s tím, že omezení přetoku implementované v hybridních střídačích omezuje dodávku do DS v součtových hodnotách (tzv. vzájemné saldování fází). Například, když je jedna z fází významně zatížena odběrem, nedochází k většímu omezování dodávky výkonu v ostatních fázích (oproti stavu bez omezení) – viz. naměřená data u systému FVE s bateriemi a aktivovaným omezením na obr.10. Z tohoto důvodu není možné zvýšení připojitelnosti takových systémů až tak velké, jak by se na první pohled zdálo s ohledem na to, že kvalita el. energie musí být dodržena pro všechny fáze. Přesné vyhodnocení možnosti zvýšení připojitelnosti u systémů FVE s bateriemi proběhne v následujícím období.

1.3.2018



obrázek 9 Příklad FVE s akumulací el. energie do baterie bez nastaveného omezení přetoku výkonu do DS

9.4.2018



obrázek 10 Příklad FVE s akumulací el. energie do baterie s nastaveným omezením přetoku výkonu do DS (omezení nastaveno na 50 %  $P_{inst}$ )



Pro účely ověření vlivu funkcí na napětí v DS je v dané lokalitě nasazen i OLTC transformátor (zajišťuje možnost regulovat napětí v síti nn pro potřeby testování). Za účelem pravidelného vyhodnocení kvality el. energie dle ČSN EN 50160 jsou v dané lokalitě osazeny přístroje MEG38 s GPRS komunikací.

Cílem testování je nalézt ekonomicky efektivní řešení budoucí integrace fotovoltaických elektráren vybavených bateriemi na hladině nn. Testování funkcí hybridních střídačů ve spojení s akumulací probíhá se souhlasem provozovatelů střešních fotovoltaických elektráren a v daných lokalitách nedochází k porušení standardů kvality napětí pro zákazníky dle ČSN EN 50160, které by bylo způsobeno provozem FVE. Instalaci střešních fotovoltaických elektráren v rámci projektu InterFlex zajišťuje partner projektu – ČEZ Solární.

### 3. CÍLE ČEZ DISTRIBUCE V RÁMCI PROJEKTU INTERFLEX

Společnost ČEZ Distribuce testuje v reálných sítích koncepty smart grids, které zajišťují možnost zvýšit připojitelnost decentralních výroben na hladině nn a vn a dále řešení pro efektivní integraci dobíjecích stanic pro elektromobily do distribuční soustavy. Očekávaným výstupem projektu je návrh úprav výpočtu připojitelnosti, tak aby bylo možné zvýšit možnosti integrace decentralních výroben za podmínky nasazení výše uvedených funkcí. Výsledky projektu a jejich následná aplikace do standardů ČEZ Distribuce umožní ekonomicky efektivní integraci velkého množství decentralních výroben a dobíjecích stanic očekávaných dle scénářů NAP SG. V této chvíli se již některé z úspěšně testovaných funkcí vyžadují v rámci podmínek pro připojení nových výroben. Na hladině nn jsou již vyžadovány funkce Q(U) a P(U), na hladině vn je vyžadována U/Q regulace (regulace na zadanou hodnotu napětí).

### 4. LITERATURA

- [1] InterFlex project, InterFlex - European Commission, 2017-01-01. [Online]. Dostupný z: <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-energy/grids/interflex>. [cit. 2018-01-19].
- [2] InterFlex project. [Online]. Dostupný z: <http://interflex-h2020.com/>. [cit. 2018-01-19].
- [3] S. Hes, InterFlex Deliverable 6.1: Design of solution, Prague, 2017. [Online]. Dostupný z: <https://interflex-h2020.com/results/deliverables/>. [cit. 2018-01-19].
- [4] ČSN EN 50160: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí
- [5] ČSN EN 50438 ed.2: Požadavky na paralelní připojení mikrogenerátorů s veřejnými distribučními sítěmi nízkého napětí
- [6] PNE 33 3430 - 8 – 1: Požadavky pro připojení generátorů nad 16 A na fázi do distribučních sítí - Část 8 - 1: Síť nn
- [7] S. Hes, Evropský projekt InterFlex – příspěvek na ČK CIREĐ 2017, Tábor, 2017. Dostupný ve sborníku konference.

**Ing. Stanislav Hes**

V roce 2010 absolvoval Fakultu elektrotechnickou Českého vysokého učení technického v Praze, obor Elektroenergetika. Od roku 2010 působil v ČEZ Obnovitelné zdroje na pozici specialista rozvoje. Od roku 2013 pracuje ve společnosti ČEZ Distribuce, kde se zabývá možnostmi integrace decentralních výroben do distribuční soustavy a vedením demonstračních aktivit v rámci mezinárodních pilotních projektů zaměřených na smart grids (InterFlex a GRID4EU). Od roku 2017 je vedoucím oddělení Modelace a analýzy.

Tel.: +420 211 042 826, e-mail: [stanislav.hes@cezdistribece.cz](mailto:stanislav.hes@cezdistribece.cz)

**Ing. Pavel Derner**

Absolvent ČVUT Fakulty elektrotechnické, studium ukončil v roce 1990. U energetické společnosti (VČE později ČEZ Distribuce) pracuje od r. 1991, kde se věnoval rozvoji vn, ekonomickému hodnocení staveb a později koncepci sítí vvn. V současné době pracuje ve společnosti ČEZ Distribuce, a.s., oddělení Modelace a analýzy jako specialista legislativy a OZE.

Tel.: +420 492 112 297, e-mail: [pavel.derner@cezdistribece.cz](mailto:pavel.derner@cezdistribece.cz)

**Ing. Jan Kůla**

Autor je absolventem ČVUT FEL obor Elektroenergetika a od roku 2013 je zaměstnancem ve společnosti ČEZ Distribuce, a. s. Zastával pozice analytika v oblasti řízení a hodnocení distribučních aktiv a investičního plánování. Od roku 2015 je specialistou v úseku Strategie a věnuje se projektům, aplikacím a vlivu nových technologií v DS, aktuálně zejména v oblasti elektromobility, Business Intelligence a pokročilých metod hodnocení stavu aktiv. Je členem technologického výboru ve sdružení EDSO4SG a Eurelectric.

Tel.: +420 211 042 815, e-mail: [jan.kula@cezdistribece.cz](mailto:jan.kula@cezdistribece.cz)

**Ing. Jan Švec, Ph.D.**

V roce 2004 absolvoval magisterské studium a v roce 2009 doktorské studium na ČVUT v Praze, FEL, obor Elektroenergetika. Působil jako odborný asistent na katedře elektroenergetiky ČVUT FEL se zaměřením na provoz a řízení elektrizačních soustav. Od roku 2017 pracuje ve společnosti ČEZ Distribuce jako specialista modelací v útvaru Strategie. Věnuje se výpočtům, modelování a analýzám v distribučních sítích se zaměřením na integraci nových prvků, technologií a metod řízení do DS.

Tel.: +420 211 042 873, e-mail: [jan.svec@cezdistribece.cz](mailto:jan.svec@cezdistribece.cz)