



Technologický workshop ČAPLDS, Praha – 23.05.2024

Akumulační systémy BSAE a jejich řízení - využití pro provozovatele LDS

Michal Balos, Siemens, s.r.o.

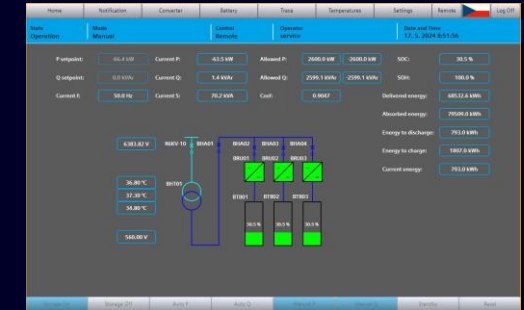
Kdo jsme a co děláme ...

SIEMENS

Smart Infrastructure

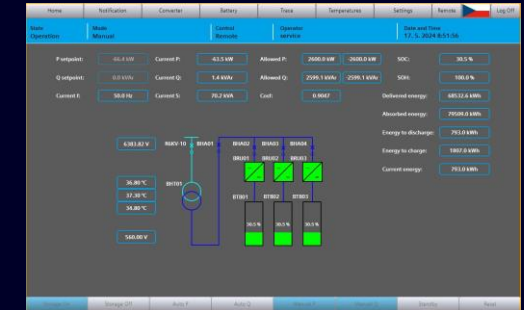
Electrification & Automation

- Digitální ochrany a řídicí systémy pro energetiku
- VN rozvaděčové systémy
- NN rozvaděčové a přípojnicové systémy
- Solutions – řešení na klíč, E-house, výpočty sítí
- **Green Technology – systémy a řešení pro BSAE a FVE**
 - PCS – střídačová část (Proteus, Sinamics, Kaco)
 - EMS – technologické řízení (HW, SW – Simatic, Sicam)
 - Engineering a komplexní dodávka včetně baterií
 - Záruční a pozáruční servis
 - Technická podpora pro plánování BSAE



Témata prezentace

- Využití BSAE pro spolupráci s FV elektrárnou a nabíjecími stanicemi
- Řízení čtvrt hodinových maxim
- Zlepšování kvality napětí
- Poskytování SVR
- Provozní režimy grid following, grid forming a ostrovní provoz
- Kybernetická bezpečnost
- Příklady řešení různých velikostí a provedení BSAE



Příklad zapojení menšího BSAE do NN sítě objektu s FVE a nabíjecími stanicemi

BSAE

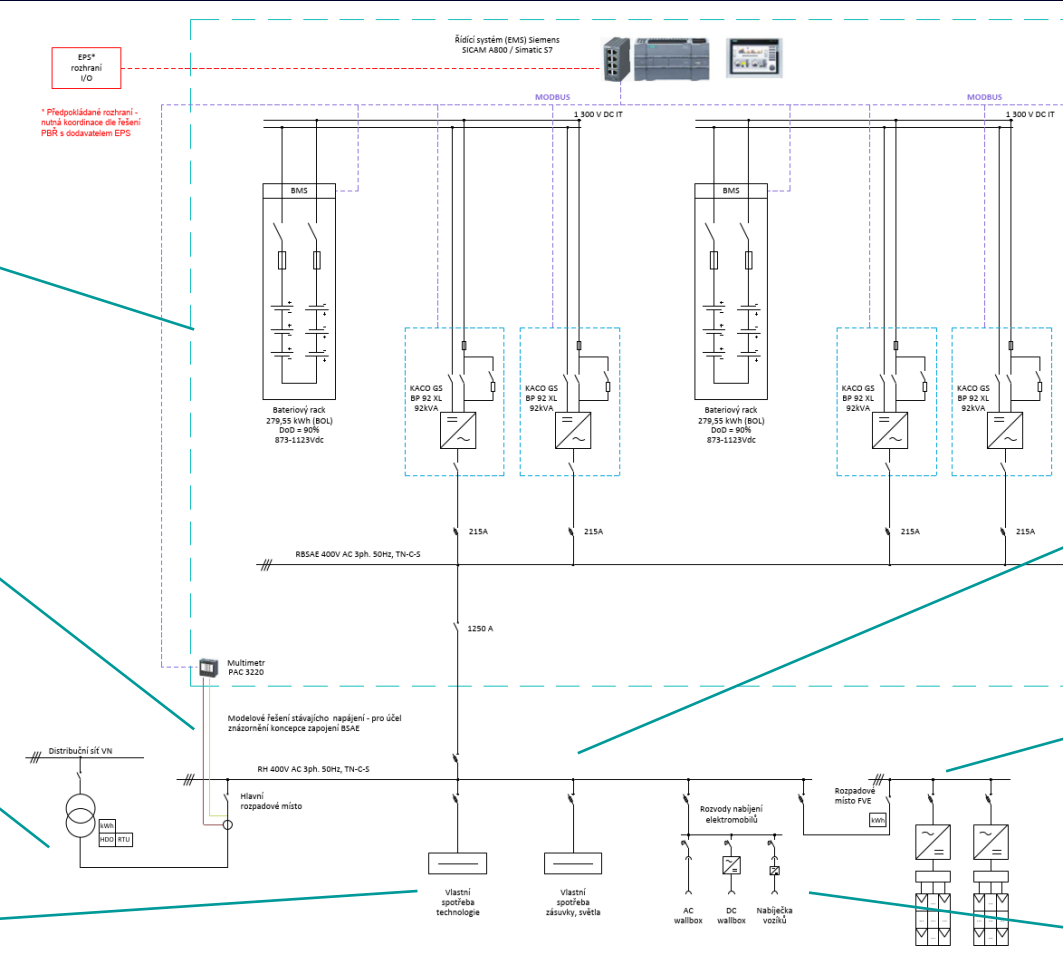
- Střídačová část
- Baterie
- Rozvaděč BSAE
- EMS

Měření BSAE na rozpadovém místě

VN síť a transformátor

- Komerční měření
- RTU/HDO
- HRM

Vlastní spotřeba



RH

- Hlavní rozvaděč 400Vac objektu

FVE

- Rozpadové místo FVE
- Rozvaděč FVE
- Datalogger
- Střídače

Nabíjecí stanice

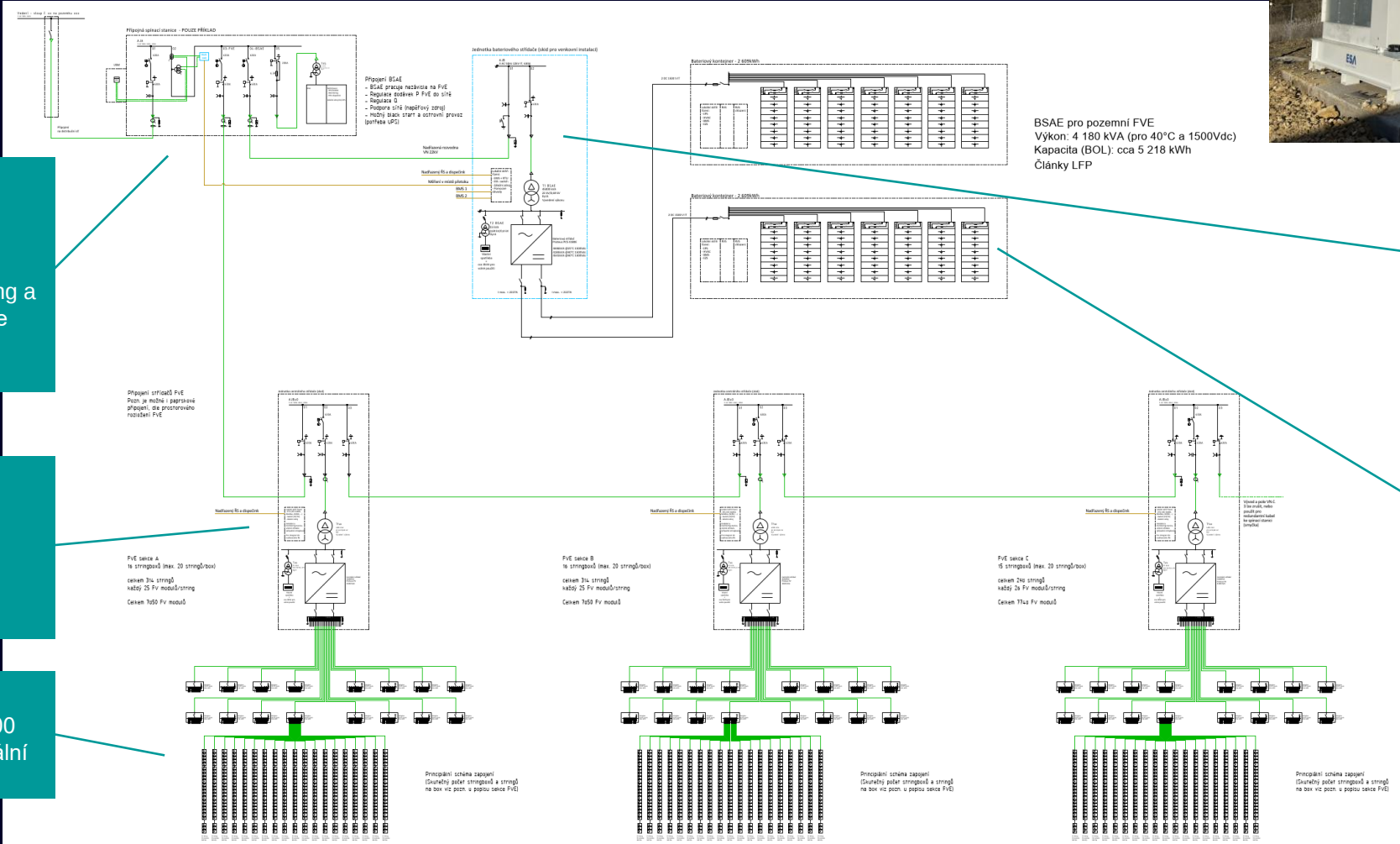
Příklad zapojení většího BSAE s pozemní FVE do sítě VN



- Nadřazená rozvodna VN (spínací stanice)**
- VN rozvaděč
 - Fakturační měření
 - SCADA/PPC (monitoring a řízení FVE, komunikace na dispečink)
 - Pomocné systémy

- Stanice s centrálním střídačem FVE**
- VN podružný rozvaděč
 - Transformátor
 - Centrální střídač
 - Lokální RTU

- Pole FVE**
- Až 24 strigboxů (cca 300 stringů) na jeden centrální střídač



- Připojení BSAE do VN**
- VN podružný rozvaděč
 - Transformátor
 - Střídač BSAE
 - EMS, lokální řízení a pomocné systémy

- Bateriové kontejnery**
- Bateriové články
 - Chlazení
 - BMS a pomocné systémy

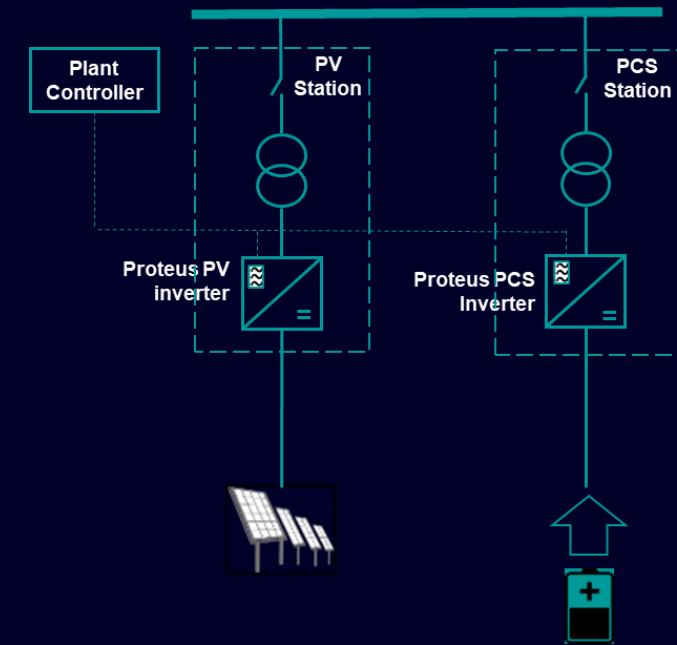
Možnosti uplatnění akumulčních systémů BSAE v LDS

1) Posun využití energie v požadovaném čase (dle kapacity a výkonu BSAE)

- Hospodaření, případně obchodování s elektrickou energií (nákup ve vhodné dobu)
- FVE – energie získaná ze slunce, ale bez možnosti řízení výroby (...vyjma omezení)
- Možnost uložení nevyužité energie z FVE pro pozdější spotřebu v rámci LDS
- Omezení přetoků do sítě při nadvýrobě z FVE (zpoplatnění, nebo záporná cena energie)

Možnosti BSAE:

- BSAE může, s využitím měření na předávacím místě, automaticky aktivovat nabíjení nebo vybíjení
- BSAE může ve své EMS zohlednit předpověď počasí
- BSAE může ve své EMS zohlednit cenu energií (např. vyčtením cen z OTE)
- BSAE může spolupracovat na dynamickém řízení přetoků - s dataloggerem FVE, řídicí jednotkou nabíjecích stanic, nebo se SCADA LDS, která zajistí příslušné řízení



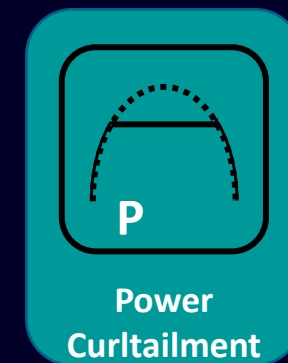
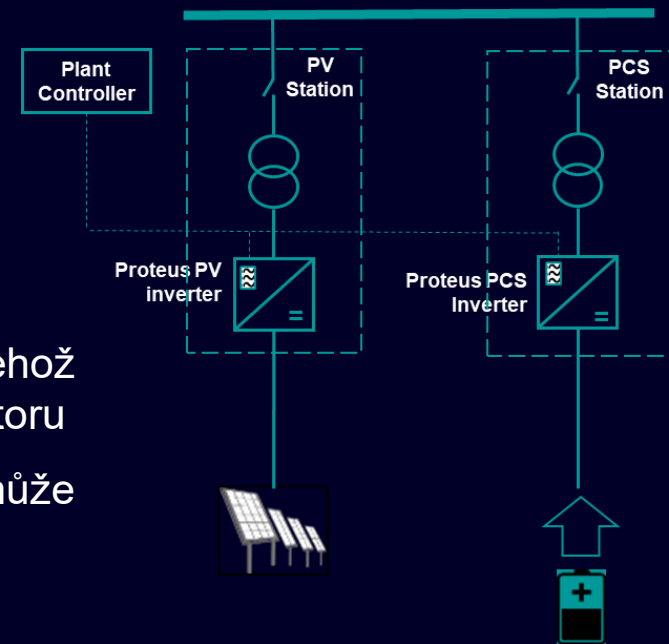
Možnosti uplatnění akumulčních systémů BSAE v LDS

2) Vykrytí vyšších odběrů a omezení překračování 1/4 hod. maxim

- Příklad 1 – v síti je spotřebič s občasným provozem (nabíječky pro vozíky, jiný ...), jehož napájení může znamenat navýšení povoleného příkonu, nebo použití většího transformátoru
- Příklad 2 – v síti dochází k velkým výkonovým skokům vlivem napájeného provozu a může docházet k překračování 1/4 hodinových maxim

Možnosti BSAE:

- BSAE může být přednabito pro posílení dodávky energie do sítě v potřebnou dobu (příklad 1 – nabíjení elektro vozíků během obědové pauzy nebo při střídání směny)
- EMS BSAE může s využitím měření na předávacím místě dopočítávat riziko překročení ¼ hodinového maxima, nebo může mít nastavené „thresholdy“ pro automatické zahájení dodávky nebo odběru energie
- Poznámka: V případě rychlých odběrových špiček a velkých výkonových skoků je nutné volit střídač a komunikační protokol s potřebnou rychlostí odezvy (příklad: pro velmi rychlé změny volíme Sinamics S120 a Profinet). Zpoždění v komunikaci může mít na možnosti regulace větší vliv, než rychlost odezvy střídače.



Možnosti uplatnění akumulčních systémů BSAE v LDS

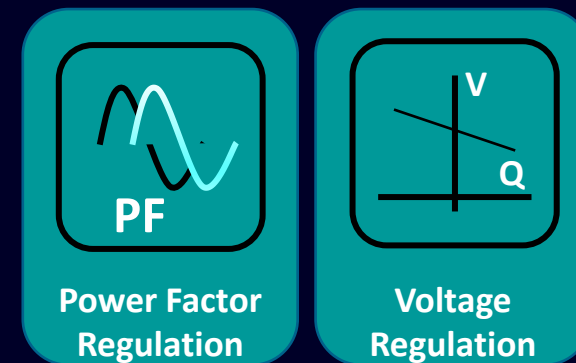
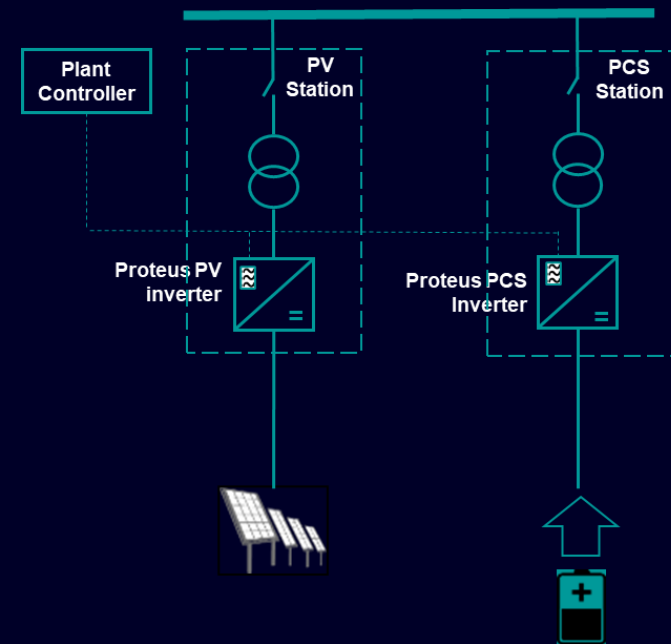
3) Kvalita napájení

- Kompenzace Q
- Zkreslení THDi, THDu
- Poklesy napětí
- Mikrovýpadky,
- Výpadky v síti, ostrovní provoz

Možnosti BSAE (Siemens, aktuální řešení):

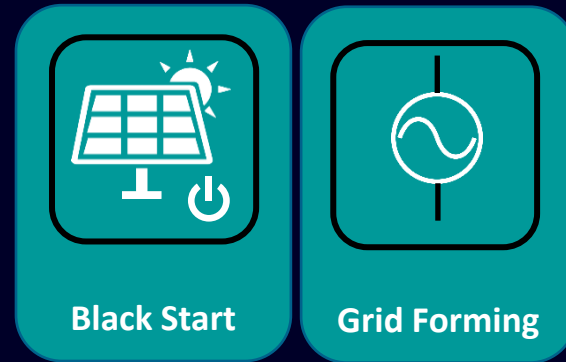
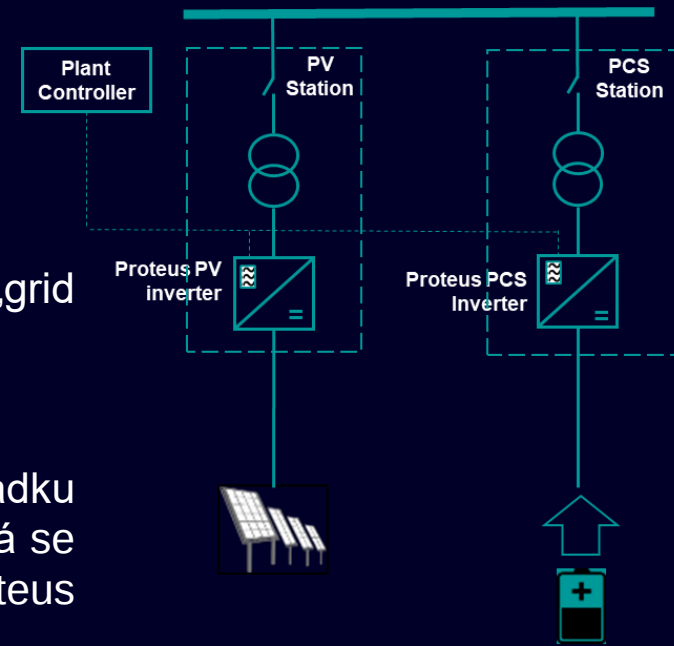
- **Kompenzace Q** ano, se střídači Sinamics i rychlé kompenzace např. pro svařování
- **Zkreslení THDi, THDu** – BSAE přímo neřeší, ale instalace střídačů BSAE nebo FVE, které nedisponují dostatečně kvalitní filtrací, může poměry v síti výrazně zhoršit

...



Možnosti uplatnění akumulčních systémů BSAE v LDS

- **Poklesy napětí v síti** – možnosti BSAE jen omezené. Střídače Proteus mají funkci „grid forming“ a mohou být provozovány v režimu jako napěťový zdroj.
- **Mikrovýpadky** – možnosti BSAE jen omezené, střídače zůstanou při mikrovýpadku přifázované, pokud při výskytu mikrovýpadku dodávají energii, mohou pomoci, nejedná se ale o plnohodnotné řešení (BSAE nenahradí např. rotační kompenzátor). Střídače Proteus mají funkci virtuální setrvačnosti.
- **Výpadky napájení a přechod na ostrovní provoz** – BSAE (Proteus, Sinamics) při výpadku sítě nejprve vypne. Řídící obvody jsou zálohovány z UPS. Po zmanipulování nadřazených spínacích prvků (odpojení od vnější sítě) je možné vytvořit ostrovní síť. Zátěž je možná do úrovně výkonu střídačů. Po obnovení vnější sítě se střídače nejprve nafázují na vnější síť, potom je možné opětovné připojení. Automatika je vždy na míru daného projektu.
- Poznámka: Funkce „bateriové online UPS“ – možné řešení pro poklesy, mikrovýpadky a nepřerušené napájení. Investičně i provozně náročné řešení.



... jiné zkušenosti?

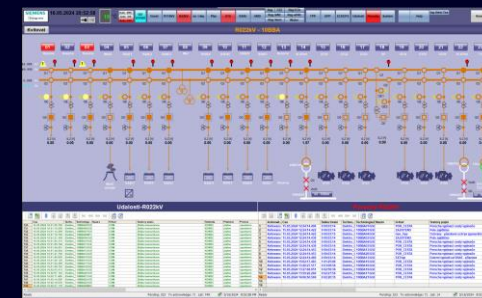
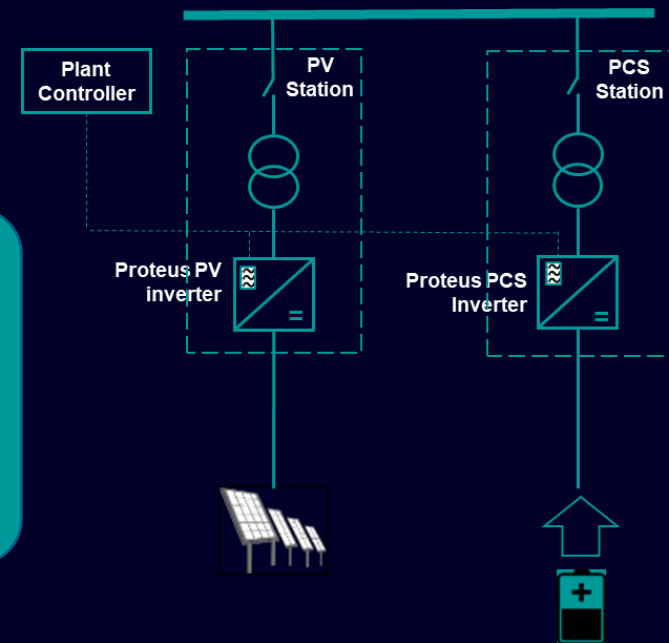
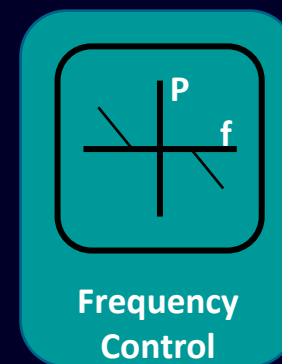
Možnosti uplatnění akumulčních systémů BSAE v LDS

4) Poskytování služeb výkonové rovnováhy SVR

- FCR, aFRR, mFRR
- Pro BSAE s výkonem >1MW, nabíjecí a vybíjecí strategie

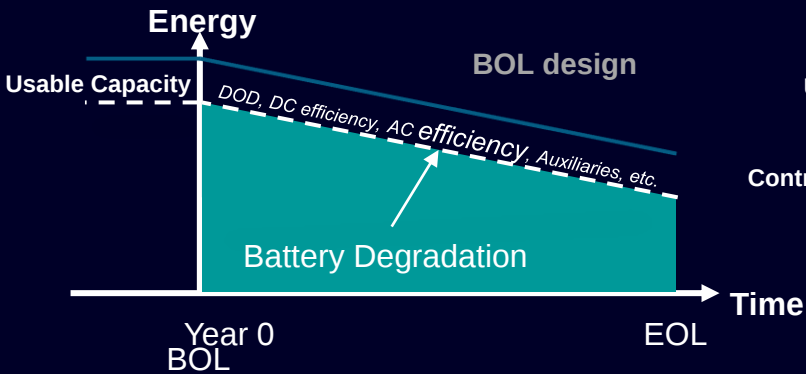
Možnosti BSAE:

- FCR ano, BSAE je pro FCR dovybaveno přesným měřením frekvence a regulátorem a komunikačním modulem. Obvykle stand-alone aplikace, ale je třeba řešit spolupracující zařízení pro obnovení výchozího stavu.
- aFRR ano, BSAE je dovybaveno regulátorem a komunikačním modulem. Lze stand-alone, nebo v rámci agregačního bloku. EMS je možné doplnit o řízení celého agregačního bloku.
- Siemens řeší technologickou funkčnost, nedisponujeme ale obchodním SW
- Poznámka: BSAE budou považovány za výrobní, EMS je možné doplnit o RTU pro komunikaci na dispečink PDS. V případě poskytování SVR je nutné řešit hierarchii mezi pokyny DS a PS.



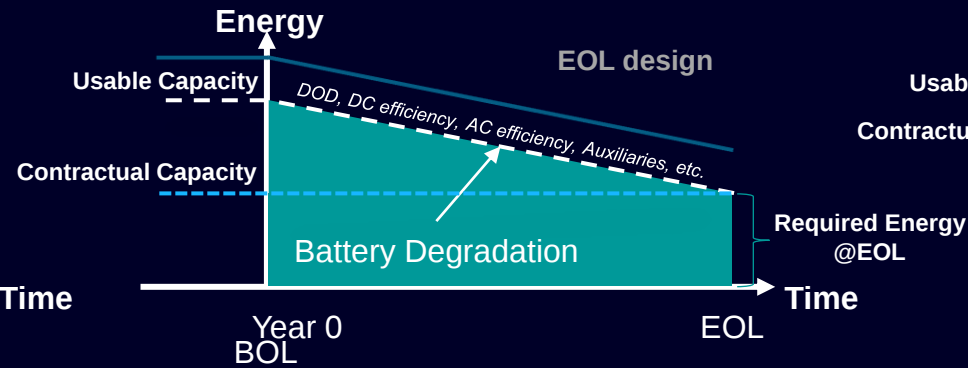
Určení potřebné kapacity a potřebného výkonu BSAE

- Definování předpokládaného **využití BSAE**: SVR (**AFRR – granularita 1MW ...**), „skladování“ energií, omezování maxim, kvalita sítě, ...
- Definování potřebné kapacity s ohledem na **stárnutí baterií**: Beginning of Life (BOL), End of Life (EOL) nebo Navyšování během provozu



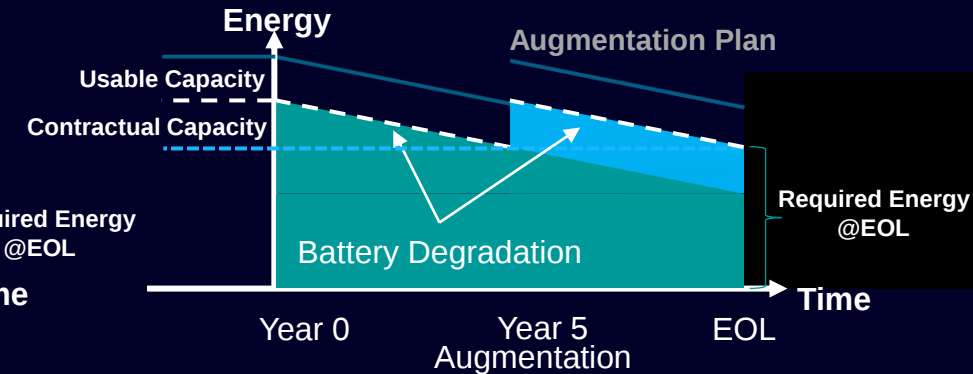
Beginning of Life (BOL). Požadovaná instalovaná a využitelná kapacita je definovaná pro začátek životního cyklu.

- Nižší vstupní CAPEX



End of Life (EOL). Požadovaná instalovaná a využitelná kapacita na začátku životního cyklu je navýšena tak, aby byla dle očekávaného průběhu degradace baterií splněna kapacita na konci životního cyklu.

- Vyšší vstupní CAPEX



Rozšiřování. Zvýšení instalované kapacity po určité době provozu umožní snížit úvodní náklady a může být výhodnější s ohledem na očekávaný pokles ceny baterií.

- Nižší vstupní náklady CAPEX
- Možnost úpravy kapacity po provozní zkušenosti
- Systém musí být na doplnění navržen

Různé systémy PCS pro akumulaci elektrické energie BSAE

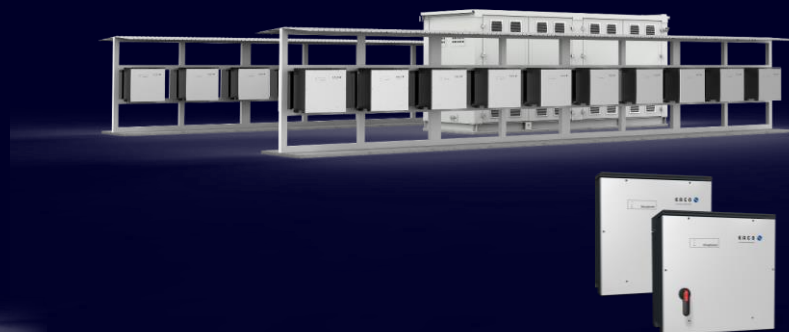
Řešení Siemens



PCS pro velké BSAE (2,4MVA -10,2MVA na „skid“)
Velké FVE, velké LDS, pro SVR (FCR, AFRR), Grid forming, ostrov, umělá setrvačnost, ...

Předmontovaná sestava se střídači, transformátorem a VN rozvaděčem pro připojení BSAE do sítě zákazníka.

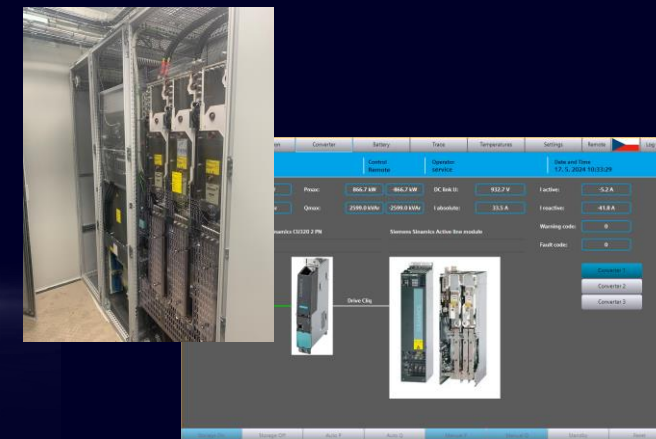
Maximální koncentrace energie a vysoká efektivita řešení.



PCS pro BSAE složené ze stringových střídačů 92-137kVA Kaco *
Objekty i pozemní FVE, pro SVR (AFRR).

Robustní střídače Kaco navržené pro extrémní klimatické podmínky v sestavě pro BSAE tvořené z oddělených bateriových stringů s napětím do cca 1300 V.

Flexibilní a nákladově efektivní řešení pro základní funkce BSAE (grid following) – akumulaci a load shifting.

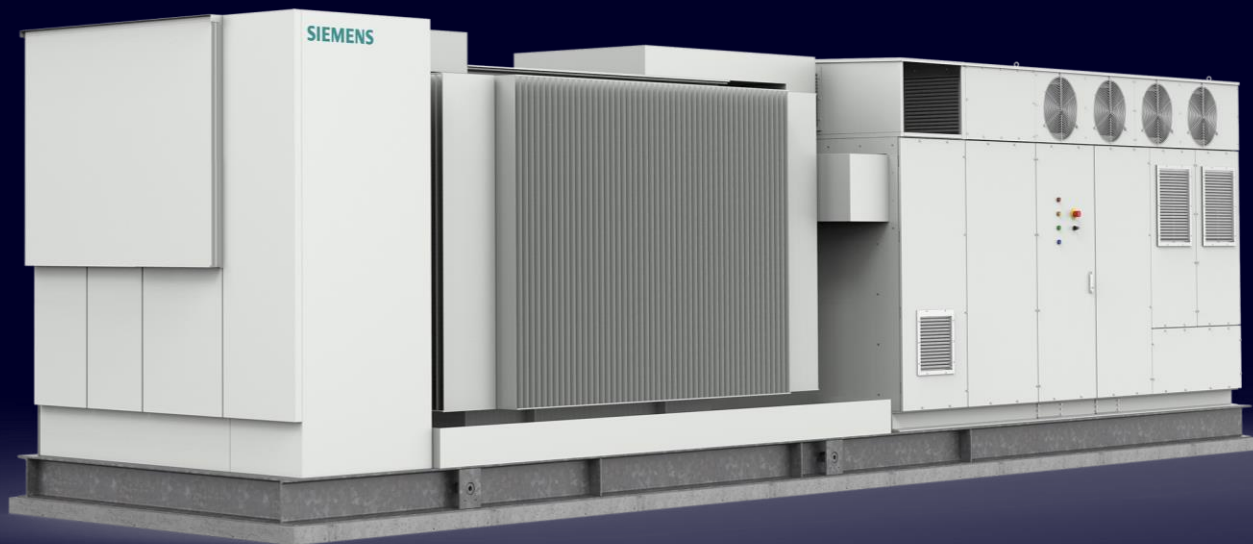


PCS pro speciální aplikace s vysokými požadavky na rychlost odezvy a přesnost řízení se střídači Sinamics S120 (vnitřní instalace).
SVR (FCR, AFRR), grid forming, ostrov, ...

Střídače Sinamics S120 odvozené z průmyslových frekvenčních měničů umožní na platformě Profinet extrémně rychlé a přesné řízení BSAE.

Řešení pro BSAE větších výkonů: Systém se střídači Proteus PCS-E

Venkovní řešení skidové sestavy – do 10.2 MVA a 1500V DC (baterie)



- ✓ Komplettní VN řešení: Transformátor + RMU
- ✓ Skidové řešení: redukované požadavky na stavbu
- ✓ Předmontovaná sestava
- ✓ Koncentrace energie: do 10.2 MVA @40°C @1500Vdc
- ✓ Flexibilní: RMU, EMS atp. řešeno lokálně zákaznický

VN rozvaděč Siemens 8DJH

- F-gas-free blue GIS do 24 kV
- Venkovní provedení

VN/NN FR-3 kapalinou chlazený transformátor

- Robustní venkovní řešení
- Nízkoztrátový, EcoDesign Tier 2
- KNAN – zvýšená zápalná teplota
- Chladicí náplň FR-3, ekologicky nezávadná a biologicky odbouratelná, olejová jímka

Centrální střídač Proteus PCS-E

- Jednotky od 2.4 MVA do **10.2 MVA** (pro 1 skid)
- Vysoká účinnost: **98.57%** (IEC 61683 certifikováno)
- Velice nízké THDi v celém výkonovém rozsahu
→ **THD < 1 %**
- Robustní venkovní provedení **IP55** kategorie I
- Navržen pro snadnou údržbu, **návrhová životnost 30 let**
- Kombinované chlazení kapalinou a vzduchem

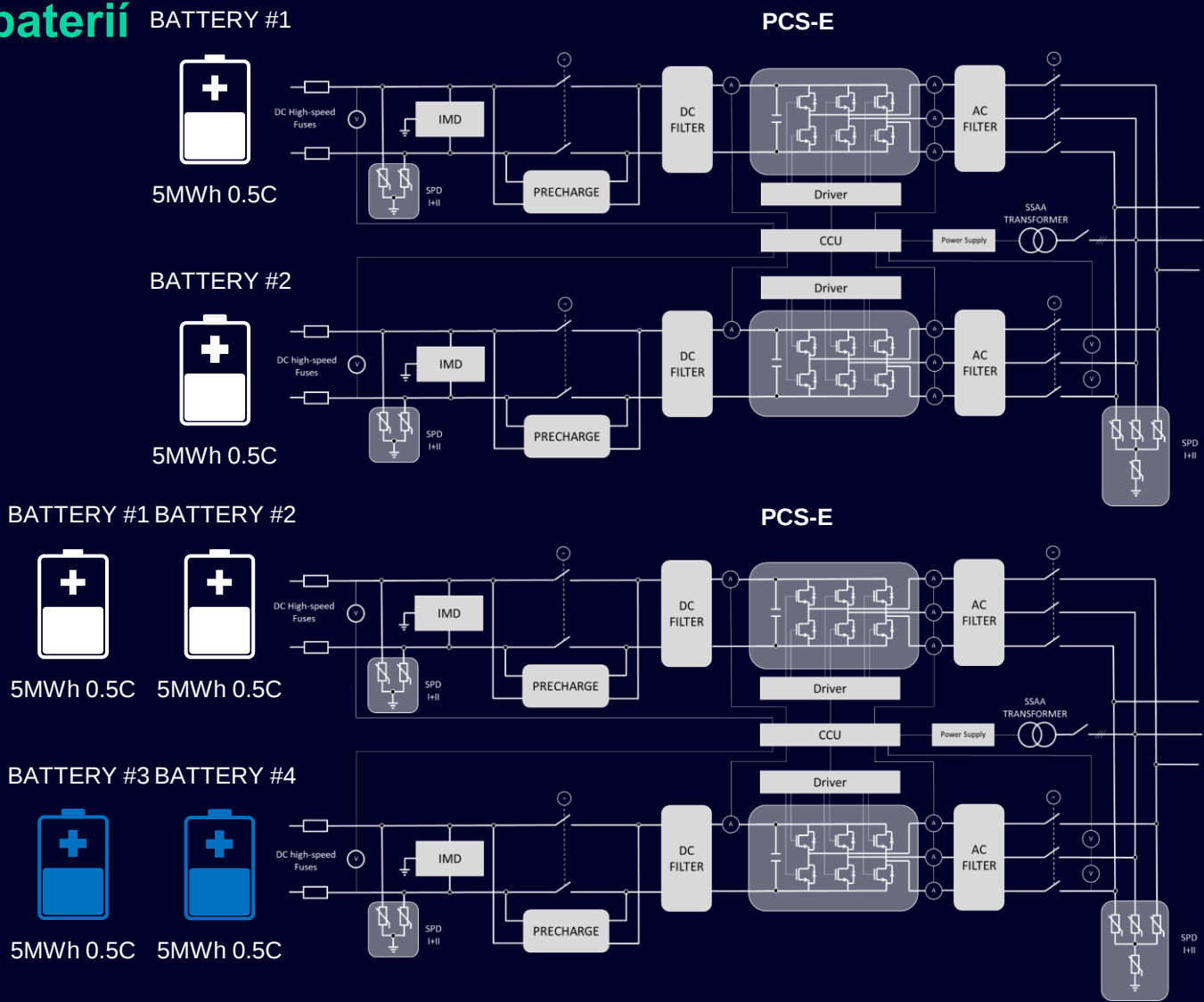
Příklady kombinací střídače PCS-E a baterií

Střídače PCS-E mají dva power moduly, je možný provoz dvou baterií samostatně:

- Pro rozdílné SOH (State of Health)
- Pro samostatné setpointy

Příklad kombinací BSAE:

- PCS 4180-E (4,18MVA @40°C)
 - Baterie #1 - 5MWh
 - Baterie #2 - 5MWh
- PCS 4180-E (4,18MVA @40°C)
 - Baterie #1 - 10MWh
 - Baterie #2 - 10MWh



2
h
o
u
r
s

4
h
o
u
r
s

Pracovní režimy střídačů BSAE

Provozní režimy:

Provoz vedený sítí

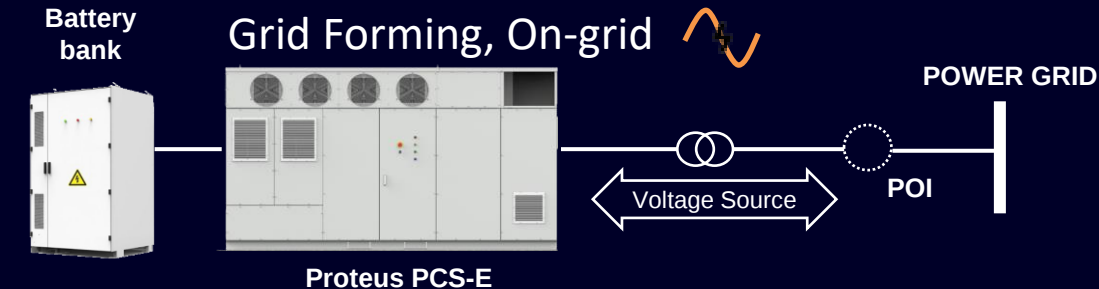
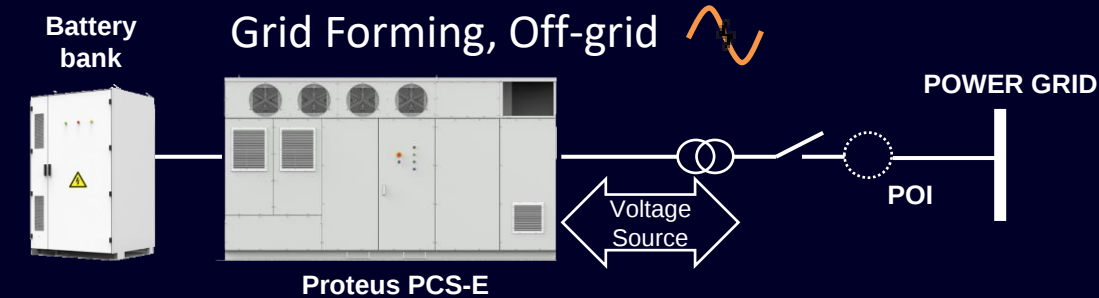
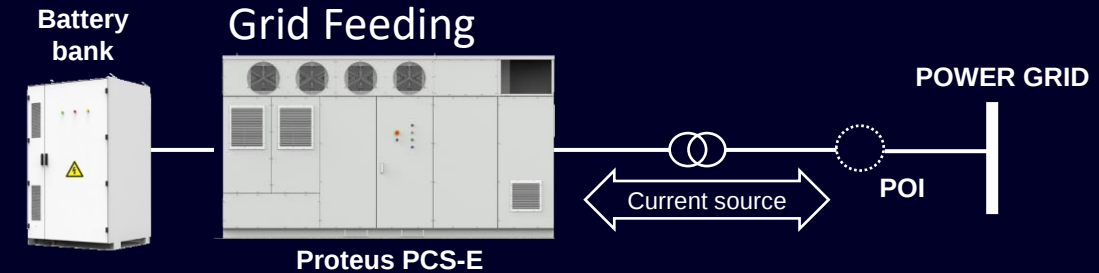
- Proudový zdroj, vedený sítí,
- PCS energii dodává/odebírá dle režimů v EMS

Ostrovní provoz (Off-grid mode)

- Emulace chování synchronního generátoru
- Napěťový zdroj
- Ostrovní provoz – odpojený od sítě
- Umožňuje i start ze tmy (se záložním UPS nebo DG)

Režim podpory sítě (On-grid mode)

- Emulace chování synchronního generátoru
- Napěťový zdroj
- Střídač pracuje paralelně se sítí
- Střídače mohou pracovat dál i při výpadku sítě, pokud napájí spotřebu do výše svého výkonu

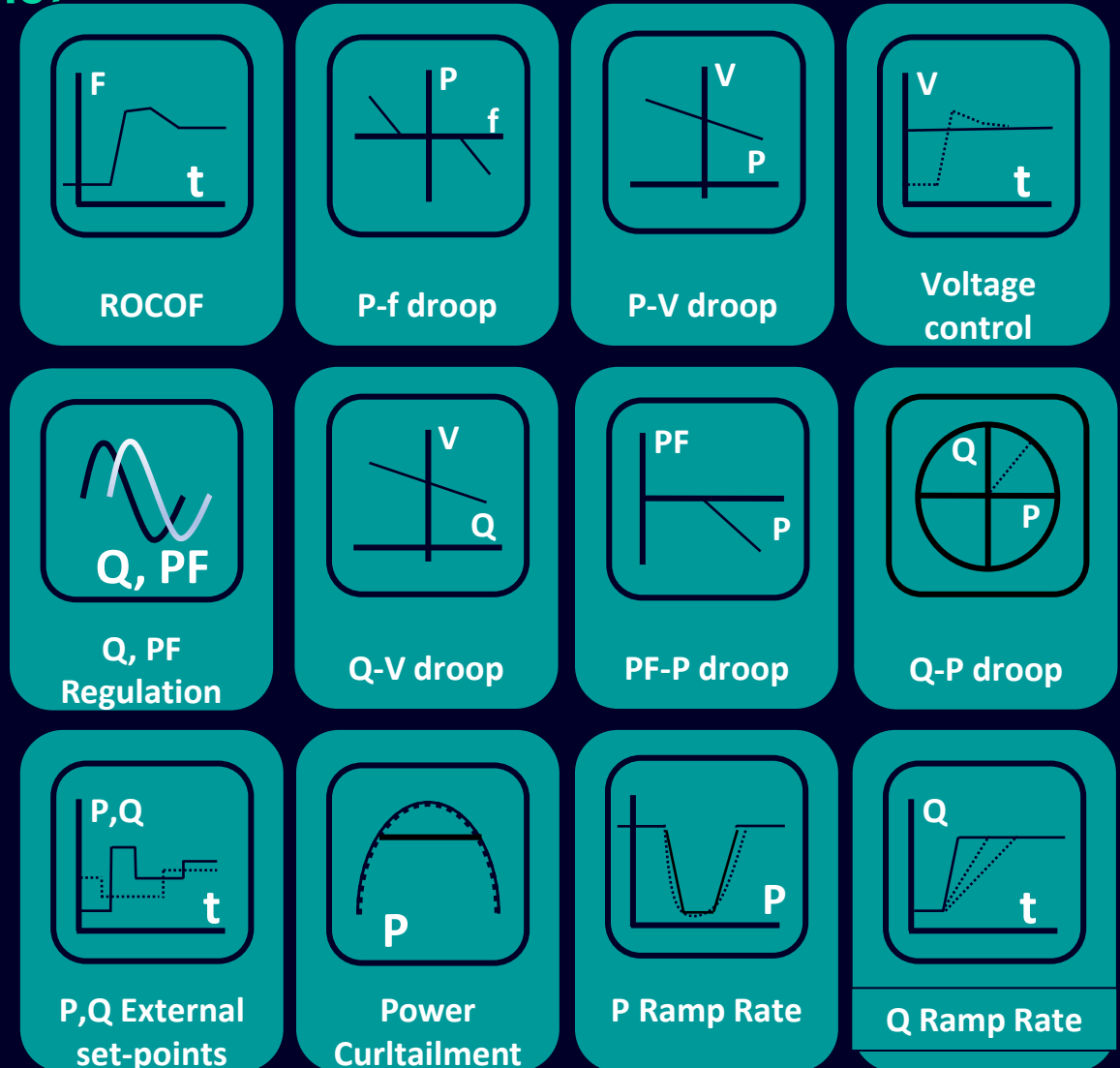


Možnosti střídačů BSAE pro podporu sítě (obecně)

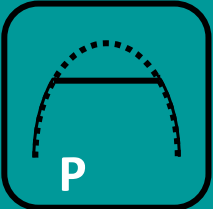
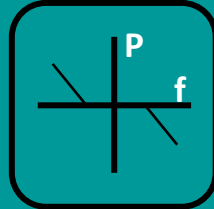
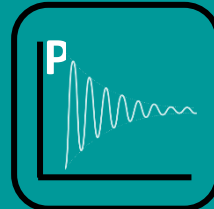
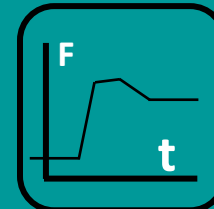
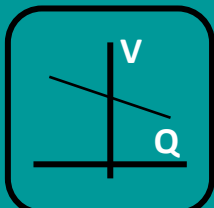
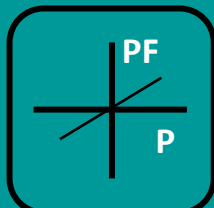
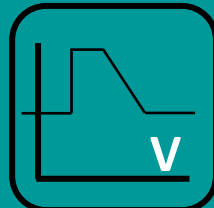
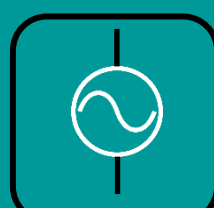
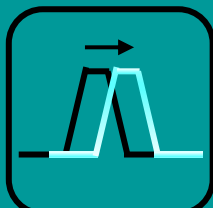
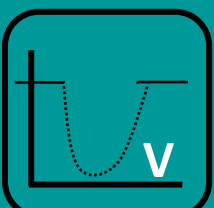
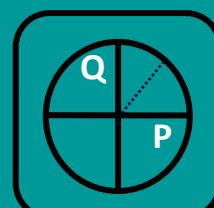
Podpůrné služby*

- Regulace činného výkonu
 - Regulace odchylky frekvence
 - P-f odchylka (FCR)
 - Umělá setrvačnost (ROCOF)
 - P-V odchylka
- Regulace jalového výkonu
 - Regulace napětí, PF, Q
 - Q-V odchylka
 - PF-P odchylka, Q-P odchylka
- Regulace dle externích set-pointů (P,Q):
 - Sekundární a terciální regulace (aFRR, mFRR)
 - Omezování výkonu (např. od PDS)
- Možnost nastavení rychlosti náběhu (rampy) P a Q při regulačních službách

* Některé z funkcí vyžadují součinnost s nadřazeným řídicím systémem

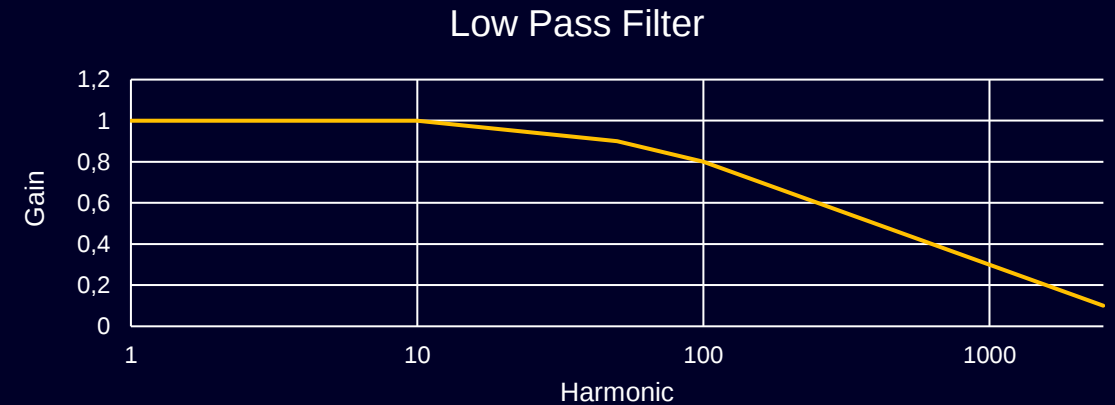
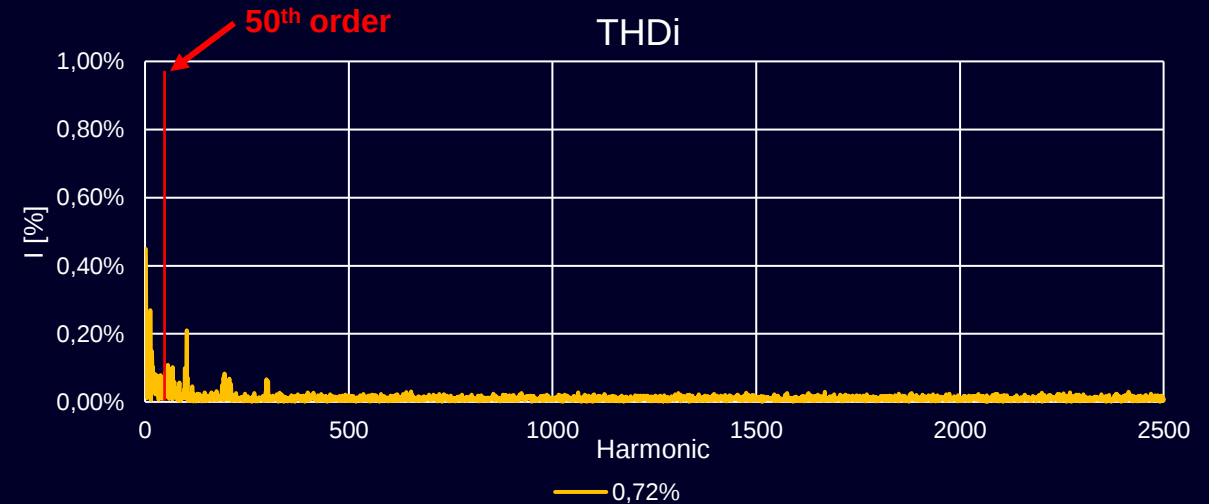


Rekapitulace možností využití BSAE

 Power Curtailment	 Low Voltage Ride Through	 Power Factor Regulation	 Frequency Control	 POD	 Anti Islanding	 ROCOF
 Q @ Night	 Voltage Regulation	 PF vs P	 High Voltage Ride Through	 Black Start	 Grid Forming	 Q Regulation
 Energy Shifting	 Ramp Rate Up-Down	 VSM	 Energy Flow Control	 Q-P droop	Unrestricted © Siemens 2024 Green Technologies	

Význam nízkého THDi u střídačů BSAE

- Mezinárodní standard IEEE 519 definuje THDi do 50-té harmonické
- U střídačů jsou ale běžné spínací frekvence nad 50-tou harmonickou → tyto nejsou v certifikaci zahrnuty → případné chybějící ošetření vyšších harmonických v PCS může to pro uživatele znamenat nemalé ztráty v reálném provozu
- Příklad pro střídače Proteus (s dodatečným HF filtrem pro vyšší harmonické a aktivním filtrem 5-13 harmonické):
 - THDi < 0.72% do 50-té harmonické (výkonový rozsah)
 - THDi < 1.06% do 2500-té harmonické (výkonový rozsah)



Význam nízkého THDi u střídačů BSAE



Více vyrobené energie má přímý dopad na výši tržeb

Plant A (200MW in Australia)
Proteus up to **0,32%** more energy

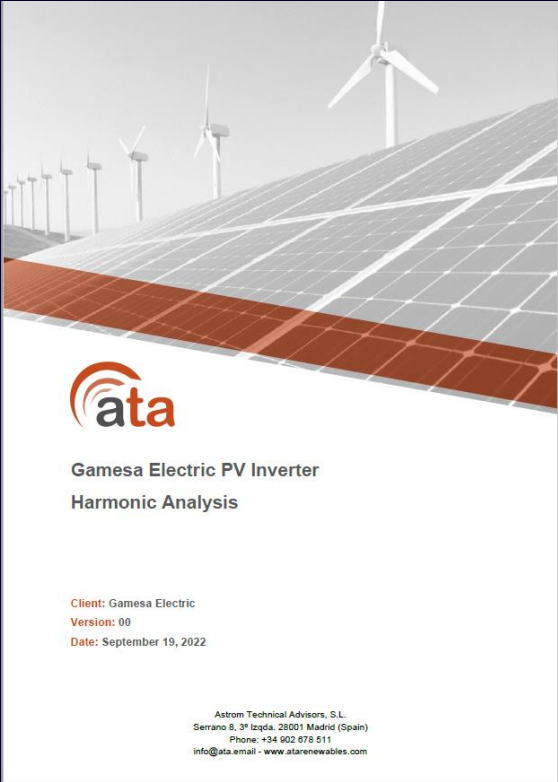


Energy Price (€/MWh)	Annual extra revenues per MW plant A	Annual extra revenues plant A (210 MW)
50	415 €/MW/yr	87,154 €/yr
100	830 €/MW/yr	174,308 €/yr
150	1,245 €/MW/yr	261,462 €/yr
200	1,560 €/MW/yr	348,616 €/yr

Plant B (50MW in Spain)
Proteus up to **0,35%** more energy



Energy Price (€/MWh)	Annual extra revenues per MW plant B	Annual extra revenues plant B (48.75 MW)
50	390 €/MW/yr	19,011 €/yr
100	780 €/MW/yr	38,021 €/yr
150	1,170 €/MW/yr	57,032 €/yr
200	1,560 €/MW/yr	76,042 €/yr



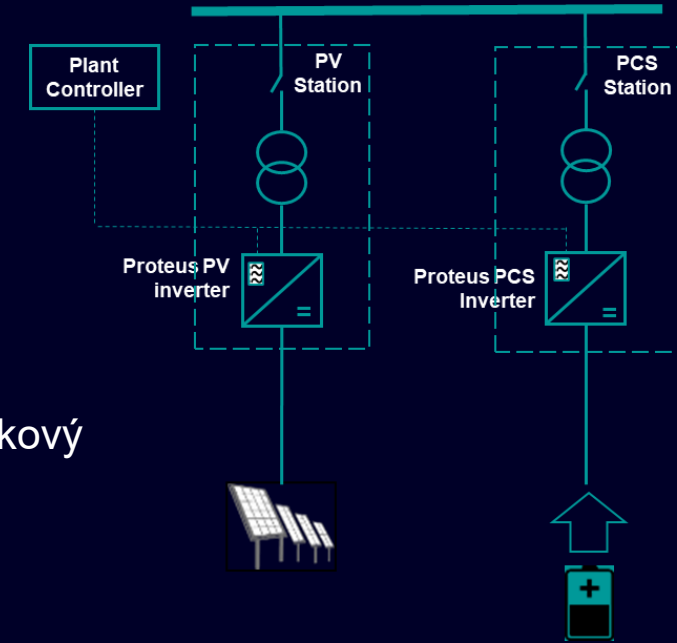
*Kumulované úspory za 25 let mohou odpovídat **15-60%** (dle ceny energií) vašich investičních nákladů ... nehledě na prodloužení životnosti transformátorů a kabelů*

(*) Data from comparison with a generic inverter with high level of high frequency harmonics

Kybernetická bezpečnost

Koncept zabezpečené rozvodny (BSAE) – přístup Siemens

- Není využíván externí cloud
- SW část EMS běží v řídicí jednotce Simatic (web server), která je součástí BSAE; dálkový přístup je na bázi Client-Server
- Pro vzdálený přístup je využíváno šifrované připojení přes VPN
- Oddělená síť na úrovni BSAE (DMZ)
- Data EMS BSAE se ukládají místně, s možností archivace (stažení) dat
- SW rozhraní EMS má několik úrovní řízení (rolí), chráněných heslem
- Servisní přístup pro dálkovou diagnostiku techniky Siemens (pokud je povolen zákazníkem) je přes oddělený Scalance router a zabezpečený Sinema RC server



Kontakt

Řešení pro FVE a bateriová úložiště

Michal Balos
Green Technologies

Siemens, s.r.o.

Smart Infrastructure - Electrification & Automation
Škrobárenská 511/5
617 00 Brno

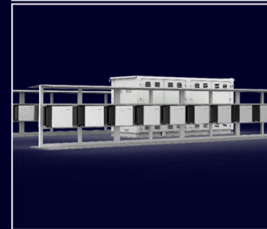
Mobil: +420 702 043 598

E-mail: michal.balos@siemens.com

Centrální střídače pro FVE 4,1-4,5MVA



Stringové FVE střídače KACO 10-155kVA



Spínací stanice VN



Střídače pro BSAE 4,1-5MVA



BSAE 92-552kVA se střídači KACO



BSAE 300-2 000 kVA se střídači SINAMICS



Neváhejte nás kontaktovat pro technickou podporu!

- Bateriová úložiště, střídače pro FVE
- Digitální ochrany a řídicí systémy
- Kybernetická bezpečnost
- VN rozvaděče GIS (BlueAir), AIS
- NN rozvaděče v modulárním provedení
- NN přípojnicové systémy

SIEMENS