

HODNOCENÍ ZKUŠEBNÍHO PROVOZU BATERIOVÉHO ÚLOŽIŠTĚ V MYDLOVARECH

Martin Kurfiřt, Michal Jurík E.ON Distribuce, a. s.

Příspěvek se zabývá popisem jednotlivých provozních parametrů bateriového úložiště SIESTORAGE a analyzuje nabíjecí/vybíjecí cyklus bateriového úložiště, zaměřuje se na regulační možnosti pomocí jalové a činné energie, dynamické vlastnosti a celkovou účinnost. Parametry baterie byly měřeny jak na hladině NN (mezi střídači a transformátorem), tak na hladině VN (22 kV pole v rozvodně) a následně porovnány. V rámci testů byly měření ověřeny všechny provozní stavy baterie, která se dále může teoreticky využívat i k řešení odchylek obchodníka s elektrickou energií.

This paper describes measurements and analysis of chosen key operation parameters of a battery energy storage system SIESTORAGE, with focus on active and reactive power regulation, dynamic response and overall energy efficiency. Electric parameters were measured both on low voltage side (between power converter and a transformer) and on medium voltage side (at MV feeder in primary substation). Measurements confirmed technical capability of the unit to provide additional use cases for battery operator.

1. ÚVOD

Bateriové systémy pro akumulaci elektrické energie (dále BSAE) se zejména v důsledku klesajících nákladů na výrobu bateriových článků typu Li-Ion začínají prosazovat jako doplněk nebo alternativa k dosud zavedenému způsobu ukládání elektrické energie formou přečerpávacích vodních elektráren. Celosvětově lze vypočítat exponenciální trend růstu jejich instalované kapacity v elektrických sítích. Globálně vedou Spojené státy s celkovou instalovanou kapacitou 680 MW, ale i v sousedním Německu byla evidována instalovaná kapacita 132 MW k roku 2016 [1].

BSAE začínají postupně pronikat i do elektroenergetiky v České republice, kde jejich výraznější nasazování naráží na řadu bariér legislativního charakteru. V průběhu posledních dvou let byla existence tohoto typu energetického zařízení reflektována do II. části kodexu přenosové soustavy [2] i do přílohy 4 Pravidel provozování distribučních sítí [3]. O skutečném začlenění lze nicméně mluvit až v případě, že bude pojem akumulace elektrické energie (nebo relevantní ekvivalent tohoto pojmu) ukotven přímo v Energetickém zákoně, jehož novelizace dosud nenastala.

V diskusích ohledně těchto změn často zaznívá argument, že s tímto typem zařízení nejsou dostatečné provozní zkušenosti, a regulatoriku lze korektně nastavit až po jejich získání. Společnost E.ON Distribuce, a.s. (dále ECD) jakožto provozovatel distribuční soustavy a jeden z účastníků těchto diskusí ochotně přispěje svými poznatky.

V současné době eviduje ECD na svém distribučním území žádosti o připojení bateriových jednotek o celkovém instalovaném výkonu 132 MW, ale jenom několik málo pilotních projektů je do distribuční sítě již připojeno. Právě s nimi odpovědní pracovníci ECD spolupracují na hledání optimálního způsobu provozu jak pro investora, tak pro provozovatele distribuční soustavy.

2. BATERIOVÉ ÚLOŽIŠTĚ MYDLOVARY

Společnost E.ON Česká republika, s.r.o. dokončila na konci roku 2017 výstavbu bateriového úložiště v energetickém areálu Mydlovary u Českých Budějovic. (viz Obr. 1). Garantovaná kapacita bateriového úložiště je 1 MWh s okamžitým výkonem 1 MW – tyto parametry dodavatel, společnost Siemens, garantuje po celou dobu životnosti díla. Životnost je definována dvěma parametry: časem (10 let provozu jednotky) a počtem bateriových cyklů (6 000 cyklů při 100 % hloubce nabití a vybití jednotky jmenovitým nabíjecím, resp. vybíjecím proudem).

Provedení baterie je venkovní, formou dvou technologických bloků:

1. Bateriová trafostanice VN/NN
2. Bateriový kontejner NN

Základní technologické bloky jsou znázorněny na obr. 2. Výkon jednotky je vyveden na hladinu VN; jednotka je připojena do 22 kV pole rozvodny 110/22 kV Mydlovary.

Bateriová trafostanice je typové řady ETS výrobce Eltraf, která je osazená transformátorem 1250 kVA a vysokonapěťovým rozvaděčem 8DJH od firmy Siemens. Přívodní pole rozvaděče je vybaveno dálkově ovládaným odpínačem QS Akumulace Mydlovary. Bloková trafostanice je uložena do šterkového lože. Měření je umístěno v rozvaděči NN umístěném na vnějším plášti trafostanice, trvale přístupném z vnější strany.

Bateriový kontejner NN Siestorage od výrobce Eltraf je řešen jako ocelový svařenec s vestavěnou vnitřní příčkou s demontovatelnou přepážkou pro oddělení technologií a zdvojenou podlahou. Kontejner je rozdělen na část střídačů a část bateriovou. V kontejneru jsou instalovány dva 800 kVA střídače Siemens Power Converter System, sérioparalelní kombinace bateriových článků Samsung, místní řídicí systém baterie a skříň AXY01e pro DŘT od společnosti Dribo. Kontejner je umístěn na betonových patkách. Přístup do kontejneru je řešen samostatnými dveřmi z čela k jednotlivým technologickým částem. Vstupy jsou po schodech a plošinách umístěny před dveřmi.

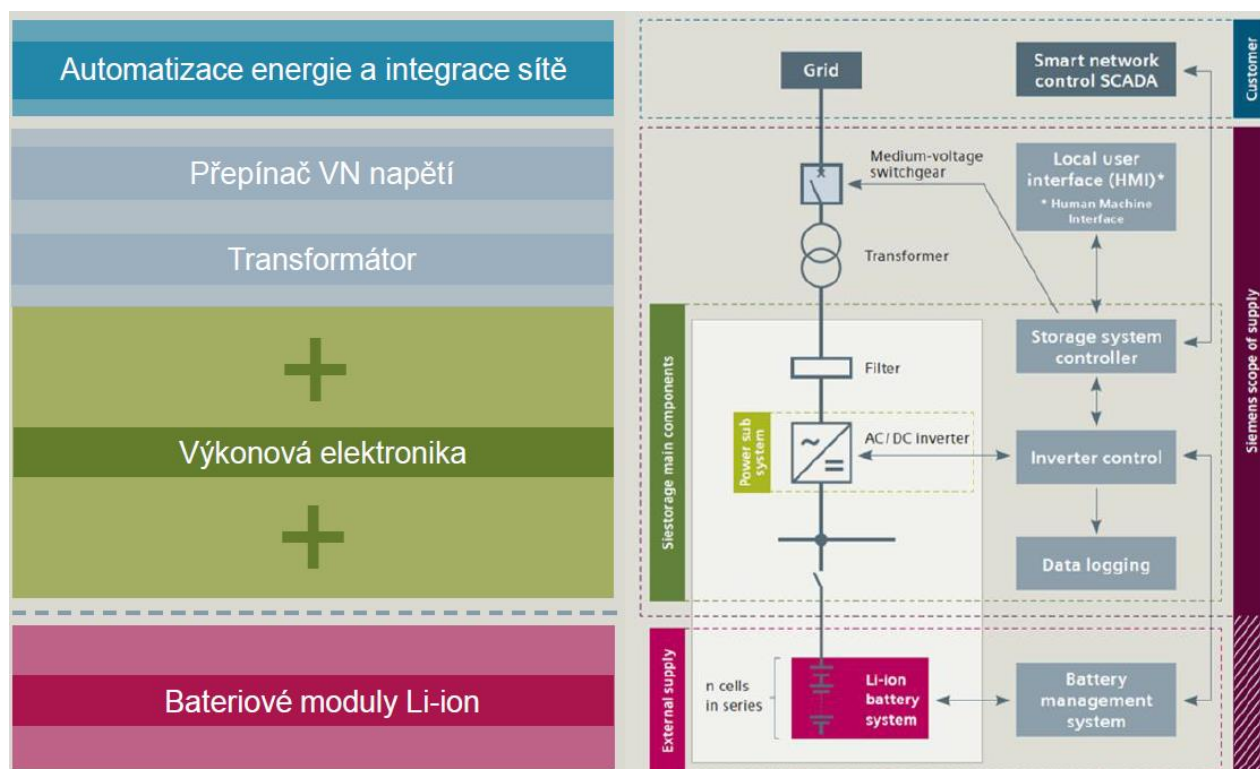


Obrázek 1 - Baterie Mydlovary. Zdroj: Interní materiály

Po dokončení výstavby byla baterie v únoru 2018 uvedena do zkušebního provozu a proběhlo ověřování a měření provozních režimů.

Baterie bude primárně využívána pro potřeby obchodníka s elektrickou energií, který její kapacitu bude využívat ke kompenzaci obchodních odchylek. Obecním cílem je ovšem právě získání poznatků a know-how o provozu a nasazování těchto jednotek tak, aby byla společnost E.ON připravena na jejich potenciální rozvoj v kontextu celosvětových trendů. Motivace jsou blíže rozvedeny v jiných publikacích [4].

Cílem testování bylo vyzkoušet a změřit i dalších technické možnosti zařízení – skutečnou kapacitu baterie, její účinnost, vliv na distribuční síť a rychlost reakce.

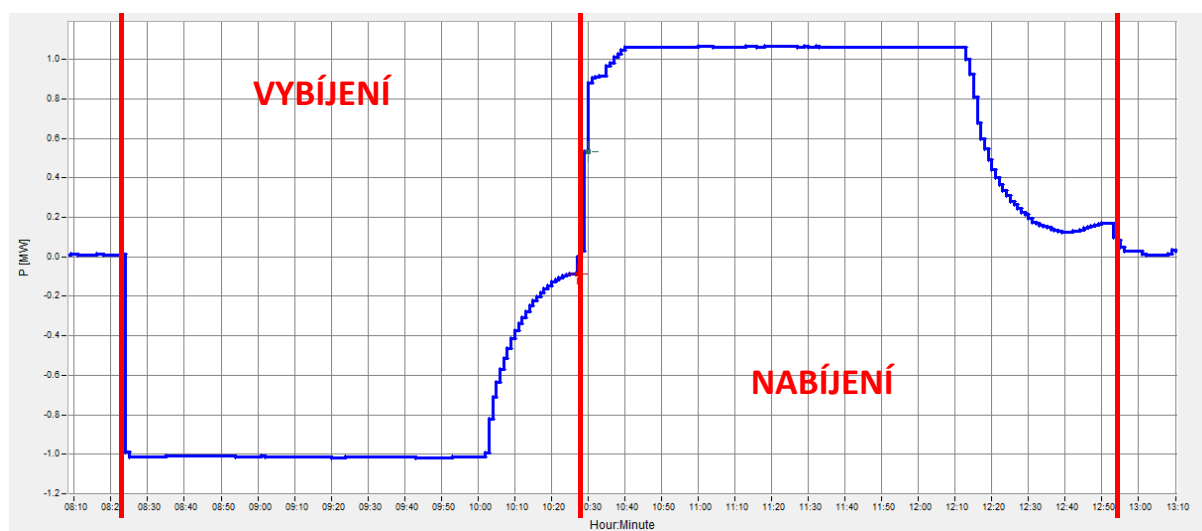


Obrázek 2 - Schematické zobrazení základních technických prvků baterie. Zdroj: Materiály společnosti Siemens

3. OVĚROVÁNÍ PROVOZNÍCH PARAMETRŮ

Cílem prvních měření bylo stanovit a popsat základní provozní stavy baterie. Jednalo se o režim nabíjení, vybíjení, rychlost reakce baterie po zadání požadovaného režimu, vliv na vyšší harmonické v distribuční síti a ostatní stavy.

3.1. REŽIM NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ BATERIE



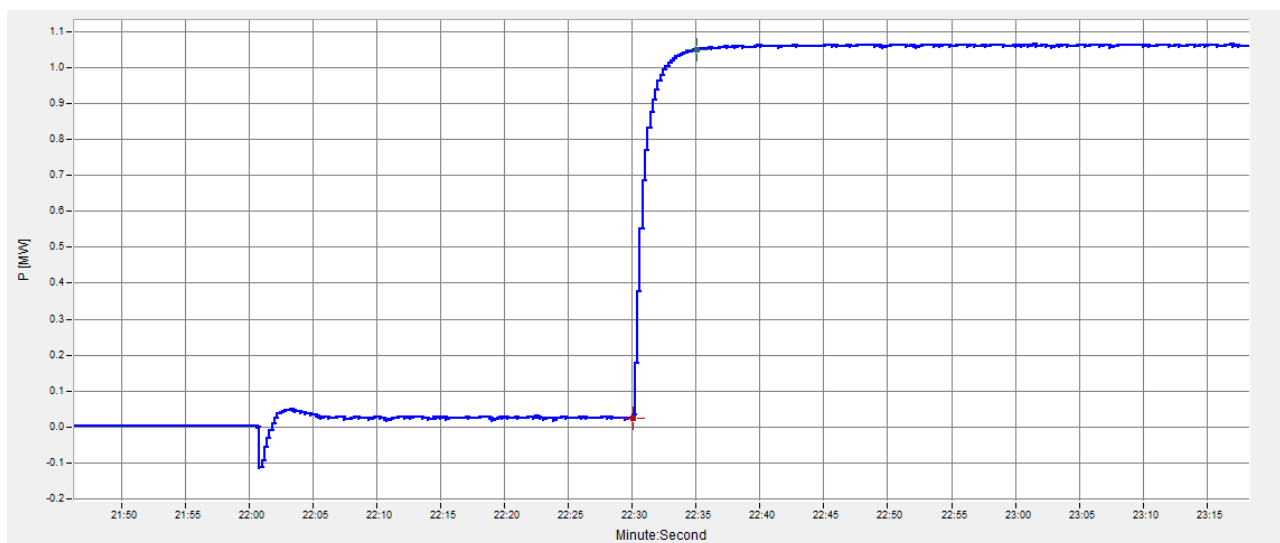
Obrázek 3 - Graf činného výkonu při vybíjení a nabíjení baterie výkonem 1 000 kW.

Výše uvedený obrázek popisuje celý proces při vybíjení a nabíjení baterie. U použitých Li-ion baterií je potřeba řídit nabíjecí a vybíjecí cyklus, aby nedošlo k jejich poškození a byla zajištěna dlouhá životnost baterií. Proto není možné využívat plný výkon v průběhu celého cyklu.

Režim vybíjení je rychlejší. Doba trvání je 2 hod 3 minuty. Plný vybíjecí výkon je dosažen téměř okamžitě a trvá 1 hod 38 minut. V okamžiku dosažení 10 % kapacity baterie dochází k omezování výkonu. Posledních 10 % kapacity se vybíjí 25 minut a je automaticky ukončeno na hodnotě 86 kW.

Režim nabíjení trvá 2 hod 26 minut (je delší o 23 minut). Prvních 12 minut do dosažení 10 % kapacity je nabíjení omezeno. Od 10 % do 90 % kapacity baterie probíhá nabíjení plným výkonem. Tato doba je 1 hod 32 minut. Dobití baterie do 100 % trvá dalších 43 minut.

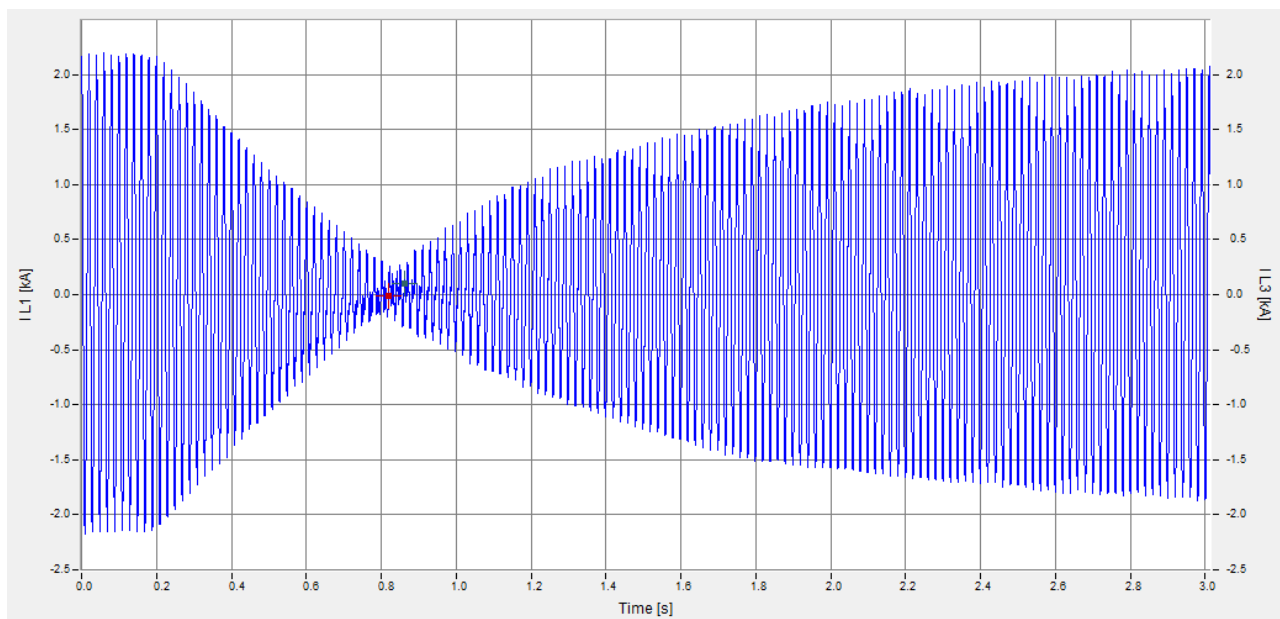
3.2. RYCHLOST REAKCE BATERIE



Obrázek 4 – 10 ms RMS záznam činného výkonu při zvolení režimu nabíjení výkonem 1 000 kW

Na výše uvedeném obrázku, dojde na základě pokynu řídicího systému baterie, v čase 11:22, k automatickému připojení k distribuční síti. V prvním okamžiku je zde dodávka činného výkonu o velikosti 113 kW a během 5 vteřin dojde k ustálení systému pouze na vlastní spotřebě chodu baterie. V čase 11:22:30 je dán pokyn k nabíjení výkonem 1 000 kW. Požadovaná hodnota 1 050 kW (včetně vlastní spotřeby) je dosažena v čase 11:22:36. Zadaný výkon nabíjení baterie dosáhne do 6 vteřin. Doba 6 vteřin je shodná i pro dosažení plného výkonu při vybíjení.

Stejný stav je zobrazen i na následujícím osciloskopickém průběhu proudu. Jedná se o tzv. „swing“, kdy se přechází přímo z režimu vybíjení do režimu nabíjení, případně naopak. Doba celého „swingu“ je opět do 6 vteřin. Během 650 ms dojde k ukončení nabíjení a následně je postupně navyšován výkon. Vybíjení výkonem 1 000 kW je dosaženo po 4,3 vteřině (záznam osciloskopu zaznamenává pouze 3 vteřiny tohoto děje).



Obrázek 5 - Osciloskopický průběh proudu jedné fáze při "swingu" z režimu nabíjení skok do vybíjení (záznam větší části děje).

3.3. VYŠŠÍ HARMONICKÉ V SÍTI

V rámci měření byl změřen i vliv provozu baterie na vyšší harmonické v síti. Připojení OM bylo ověřeno na základě prováděcího pokynu ECZR „Pravidla posuzovaná připojitelnosti elektrických zařízení a výroben k distribuční síti E.ON Distribuce, a.s. z hlediska zpětných vlivů, příloha 7 „Posouzení připojitelnosti pohonů řízených usměrňovači a měniči kmitočtu z hlediska harmonických“.

Baterie je připojena do sítě VN, pro kterou je stanoven poměr zkratového výkonu v přípojném bodě/přípojnému zařízení uživatele ≥ 300 . V případě sítě NN musí být poměr ≥ 150 . Pokud je podmínka splněna, není nutné instalovat a zavádět doplňková opatření.

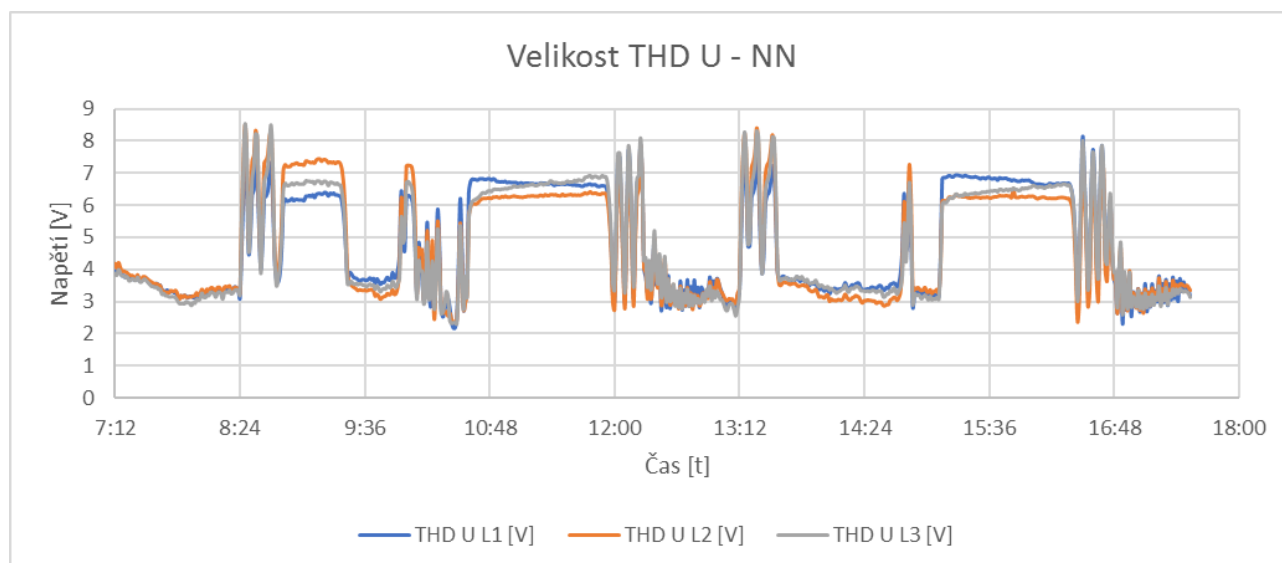
V případě baterie v Mydlovarech jsem pro výpočet uvažoval maximální výkon střídačů 1 600 kVA, protože nad výkon 1 000 MW mohou produkovat ještě jalový výkon. Ověření jsem provedl pro připojenou síť VN, ale i pro případnou možnost připojení do sítě NN. Výpočet byl proveden programem E-Vlivy na modelu distribuční sítě.

Tabulka 1 - Stanovení poměrů pro posuzování připojitelnosti s ohledem na vyšší harmonické

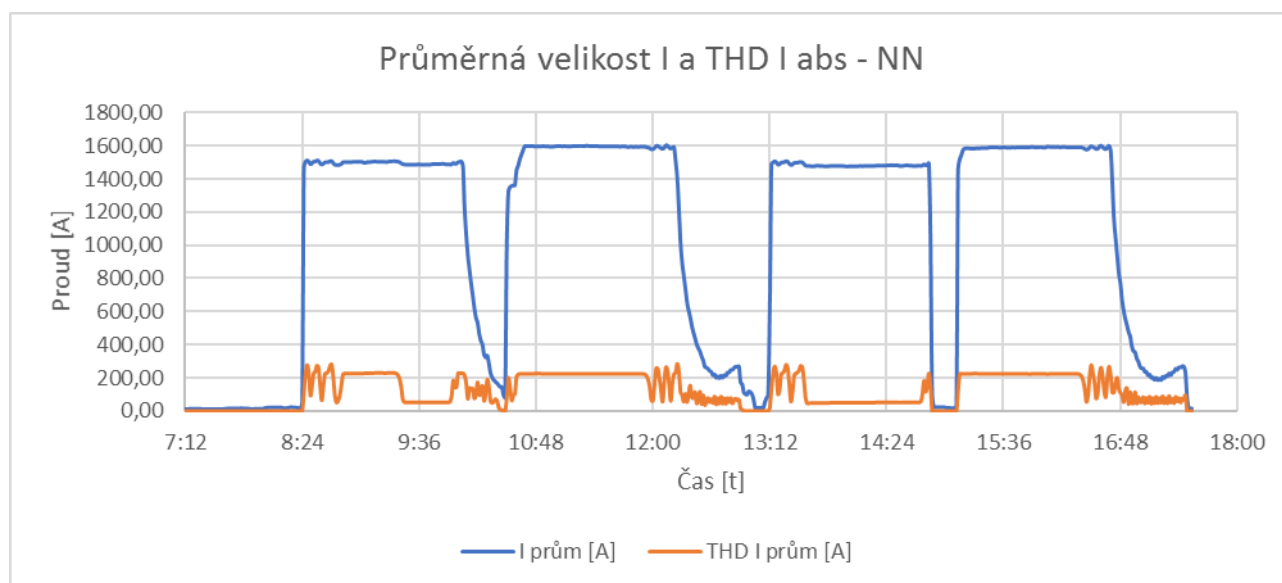
	Připojovaný výkon [MVA]	Zkratový výkon sítě [MVA]	Vypočtený poměr	Vyhovuje
síť VN	1,6	941,67	588,54	ANO
síť NN	1,6	25,93	16,21	NE

Na základě výpočtu není potřeba porovnávat jednotlivé vyšší harmonické se stanovenou dovolenou mezí. Je s dostatečnou rezervou splněno zjednodušující poměrové výkonové kritérium.

V tomto případě je možné bez dalšího detailního posuzování do sítě VN připojit střídač až o celkovém výkonu 3,13 MW. Do sítě NN, v tomto konkrétním případě, by bylo možné bez dalšího detailního posouzení, připojit až 172 kW.



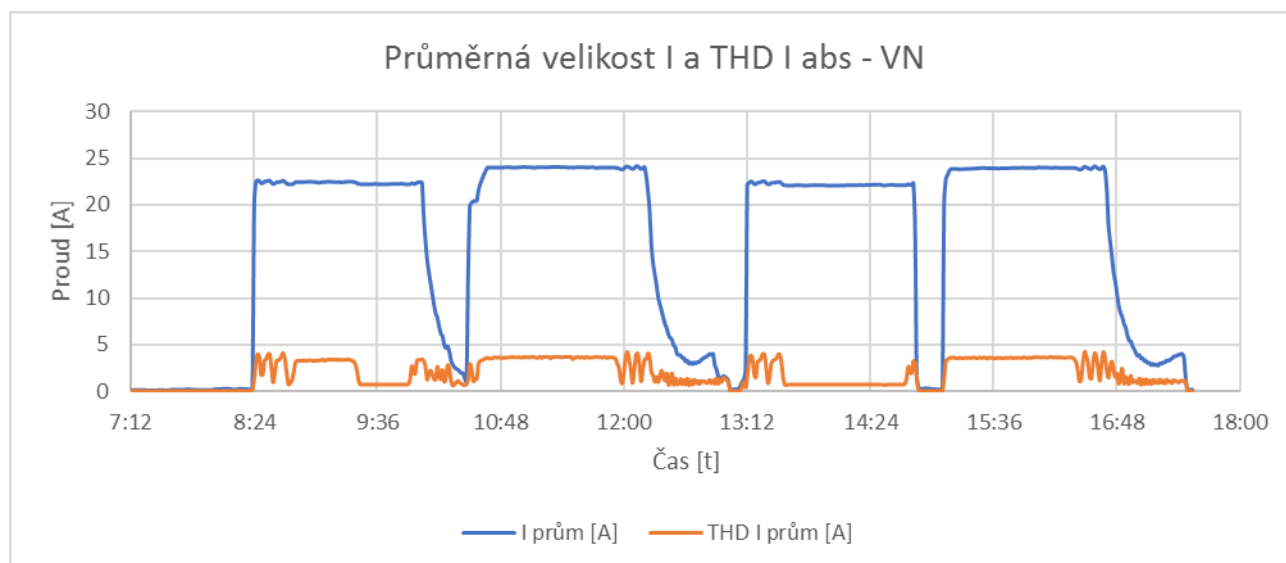
Obrázek 6 - Velikost THD U na straně NN.



Obrázek 7 - Průměrná velikost proudu a THD I abs na straně NN (1. a 3. cyklus je vybíjení, 2. a 4. je nabíjení).

Předchozí obrázky č. 6 a 7 popisují harmonické zkreslení napětí a proudu na straně NN. Celkové zkreslení napětí se pohybuje mezi hodnotami 3 až 9 V. Hodnotu 3 V lze považovat za zkreslené pozadí, a tak rozdíl 6 V je vyvolán provozem baterie. Jedná se o změnu THDu o 1 % vlivem provozem baterie.

Celkový proud na straně NN se pohybuje kolem 1 500 A při vybíjení a 1 600 A při nabíjení. Na obrázcích č. 7 a 8 jsou uvedeny pro přehlednost pouze průměrné hodnoty proudu ze všech třech fází. Celkový odebíraný proud ve vyšších harmonických dosahuje hodnoty 250 A při ustáleném stavu, krátkodobě až 290 A. V relativní hodnotě se celkové THDi pohybuje mezi hodnotami 15-20 % pro stranu NN.



Obrázek 8 - Průměrná velikost proudu a THD I abs na straně VN (1. a 3. cyklus je vybíjení, 2. a 4. je nabíjení).

Pro připojenou stranu VN nedošlo k žádnému ovlivnění THDu. Harmonické napěťové zkreslení je závislé na chování distribuční sítě a není možné identifikovat změny na základě provozu baterie.

V případě THDi se jedná o shodné hodnoty jako na straně NN. Z celkového proudu 22 A (vybíjení) a 24 A (nabíjení) na straně VN, vyšší harmonické zahrnují necelé 4 A z celkového proudu. Relativní hodnota THDi se pohybuje opět hodnotami 15-20 %.

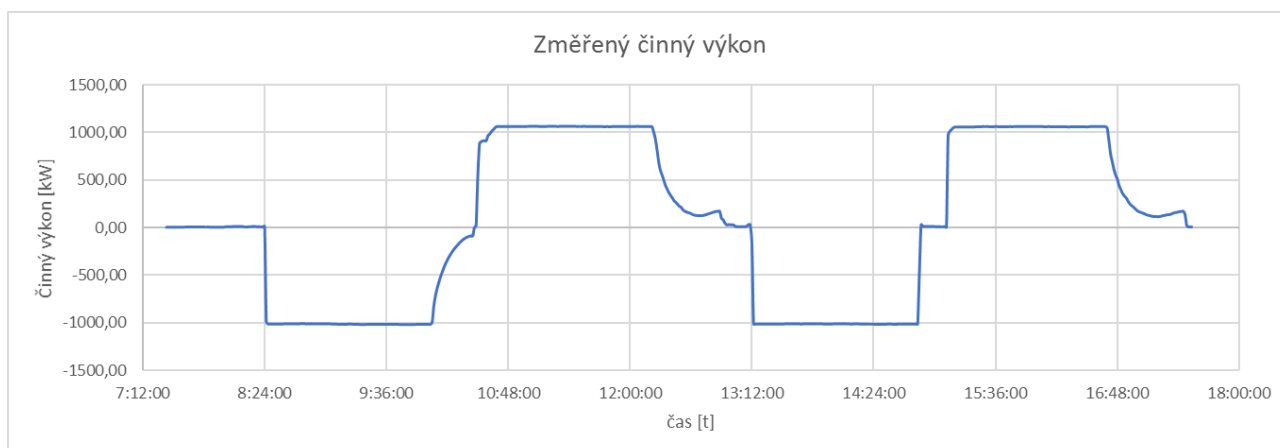
3.4. KAPACITA BATERIE A ÚČINNOST CELÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Test kapacity bateriového úložiště byl proveden s ohledem na zjištění skutečné okamžité kapacity baterií. Udávaná kapacita 1 MWh je na konci „životnosti projektu“, který je stanoven na 6000 cyklů (nabití a vybití) nebo 10 let provozu. Záleží, které hranice bude dosaženo dříve. Aby byla tato kapacita zajištěna, je nutné na začátku baterii naddimenzovat.

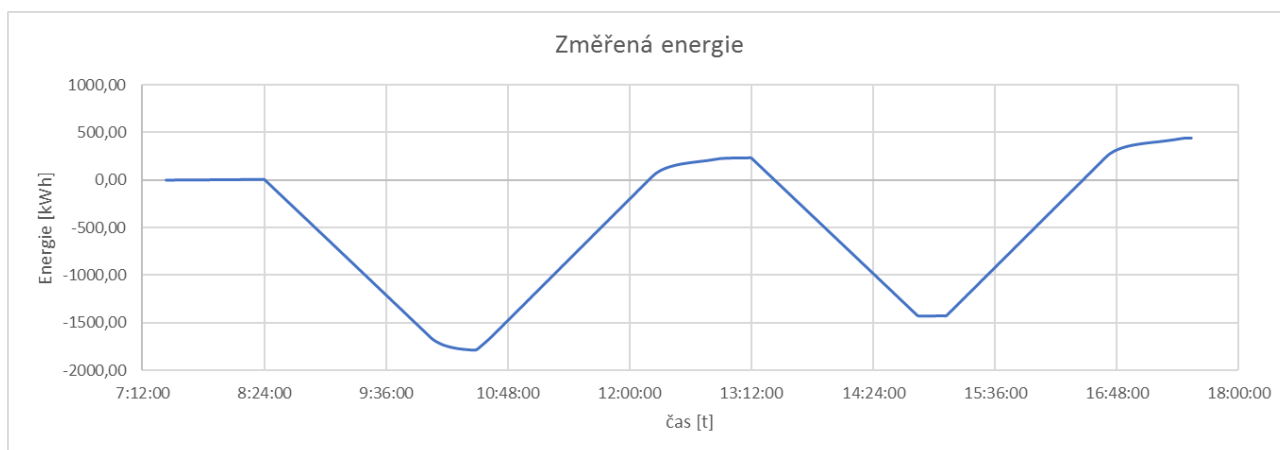
Pro zjištění skutečné kapacity baterie a její účinnosti byla nainstalována dvě měření. První z nich bylo nainstalováno na kabely NN mezi baterii a TR 22/0,4 kV a druhé měření na elektroměr na hladině 22 kV. Test začínal ve stavu plného nabití a během dne byl 2x zopakován celý cyklus. Vybíjení i nabíjení probíhalo plným činným výkonem 1 000 kW a 0 kVar.

Tabulka 2 - Přehled doby trvání a stavu nabití baterie v jednotlivých testovacích cyklech

Stav	Začátek	Konec	Doba trvání	Stav nabití – na začátku	Stav nabití – na konci
Vybíjení	08:24	10:27	02:03	100 %	1 %
Nabíjení	10:29	12:53	02:24	1 %	100 %
Vybíjení	13:11	14:51	01:40	100 %	10 %
Nabíjení	15:07	17:28	02:21	7 %	100 %



Obrázek 9 - Tok činného výkonu (kladná hodnota – nabíjení, záporná hodnota – vybíjení)



Obrázek 10 - Změřený tok elektrické energie (rostoucí křivka – nabíjení, klesající křivka – vybíjení)

Prvním cyklem bylo vybití a nabití baterie ze 100 % - 1 % - 100 % své kapacity. Nabití z 0 % na 90 % kapacity trvalo 1 hod 44 min a zbývajících 10 % se nabíjelo dalších 41 min. Vybití ze 100 % na 10 % kapacity trvalo 1 hod 37 min a posledních 9 % se vybíjelo dalších 25 minut.

Celková současná kapacita baterie byla při prvním vybíjecím cyklu ze 100 % na 1 % stanovena na **1 793 kWh**. Účinnost baterie byla stanovena pro obě místa měření. Prvním měřením mezi baterií a TR byla stanovena čistá účinnost baterie. Poprvé na hodnotu **89,2 %** a při druhém cyklu na **89,1 %**. Měřením na elektroměru na hladině 22 kV, byla stanovena účinnost včetně připojeného TR. Poprvé na hodnotu **86,9 %** a při druhém cyklu **87,0 %**. Transformátor tak výslednou účinnost baterie snižuje o 2 %.

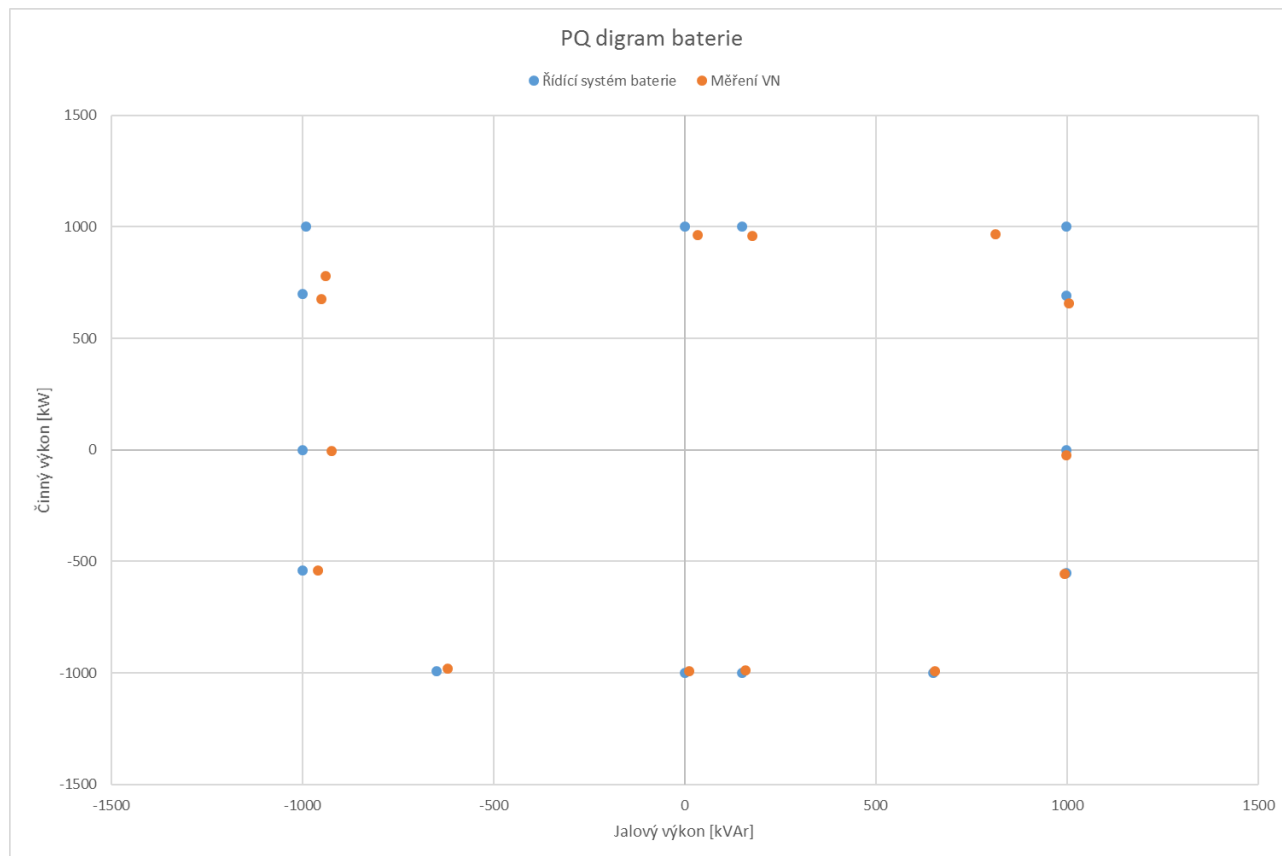
3.5. STANOVENÍ PQ DIAGRAMU BATERIE

Jedním z provedených testů bylo ověření rozsahu PQ diagramu baterie. V baterii není vzhledem k bezpečnému a trvalému provozu předimenzována jen kapacita baterie, ale větší výkon mají i střídače. Jsou zde umístěny dva střídače o výkonu 2x 800 kVA. Maximální teoretický výkon střídačů je tak 1 600 kVA, nicméně transformátor má jmenovitý výkon pouze 1250 kVA. V důsledku toho je nastavitelný výkon omezen elektronicky na dále stanovený PQ diagram. Mezní činný i jalový výkon baterie je stanoven na $\pm 1\,000\text{ kW}$ (kVAr), ale bylo potřeba stanovit maximální/minimální kombinace jednotlivých výkonů.

Změřené a odečtené hodnoty jsou stanoveny v následující tabulce. Požadovanou hodnotu jsme zadali jako vstup do řídicího systému. Hodnota změřená systémem baterie byla zobrazena jako aktuální skutečný výkon. Současně byla prováděna obě měření. První na výstupu z baterie a druhé na straně VN. V následujícím

PQ diagramu budou vyneseny hodnoty ze strany VN. Jedná se o hodnoty, které budou ovlivňovat distribuční síť.

Baterie by se měla snažit zadanou hodnotu dosáhnout na straně VN, před distribuční trafostanicí. Součástí řídicího systému baterie je algoritmus uvažující ztráty na transformátoru a vlastní spotřebu baterie. V některých případech je hodnota shodná, ve většině se obě hodnoty blíží (je nutné uvažovat nepřesnosti v měření pomocí proudových sond kvalimetrů) a při testu č. 8 a 9 uvedených červených hodnot nedosáhl.



Obrázek 11 - Změřené a odečtené hodnoty skutečného PQ diagramu baterie

Tabulka 3 - Zápis změřených a odečtených hodnot při stanovování provozního PQ diagramu

	Navolený provozní režim	Požadovaná hodnota	Hodnota změřená systémem baterie	Změřená hodnota na straně NN	Změřená hodnota na straně VN
1	Navolení činného výkonu 100 % $P_{\max}$ – režim nabíjení	+ 999 kW 0 kVar	+ 999 kW 0 kVar	+ 1 023 kW - 70 kVar	+ 999 kW - 22 kVar
2	Navolení činného výkonu 100 % $P_{\max}$ – režim nabíjení, nastavení + $Q_{\max}$	+ 999 kW + MAX kVar	+ 999 kW + 690 kVar	+ 1020 kW + 608 kVar	+ 1006 kW + 658 kVar
3	Navolení činného výkonu 100 % $P_{\max}$ – režim nabíjení, nastavení - $Q_{\max}$	+ 999 kW - MAX kVar	+ 999 kW - 550 kVar	+ 1026 kW - 641 kVar	+ 994 kW - 555 kVar
4	Navolení činného výkonu - 100 % $P_{\max}$ – režim vybíjení	- 999 kW 0 kVar	- 999 kW 0 kVar	- 994 kW - 79 kVar	- 923 kW - 4 kVar
5	Navolení činného výkonu - 100 % $P_{\max}$ – režim vybíjení, nastavení + $Q_{\max}$	- 999 kW + MAX kVar	- 999 kW + 700 kVar	- 998 kW + 610 kVar	- 950 kW + 677 kVar
6	Navolení činného výkonu - 100 % $P_{\max}$ – režim vybíjení, nastavení - $Q_{\max}$	- 999 kW - MAX kVar	- 999 kW - 540 kVar	- 994 kW - 635 kVar	- 960 kW - 540 kVar
7	Navolení jalového výkonu 100 % $Q_{\max}$ – režim dodávky Q	0 kW + 1000 kVar	0 kW + 1000 kVar	18 kW 940 kVar	35 kW + 965 kVar
8	Navolení jalového výkonu 100 % $Q_{\max}$ – režim dodávky Q, nastavení + $P_{\max}$	+ MAX kW + 1000 kVar	+ 999 kW + 1000 kVar	+ 817 kW + 909 kVar	+ 814 kW + 966 kVar
9	Navolení jalového výkonu 100 % $Q_{\max}$ – režim dodávky Q -, nastavení - $P_{\max}$	- MAX kW + 1000 kVar	- 990 kW + 1000 kVar	- 988 kW + 709 kVar	- 940 kW + 781 kVar

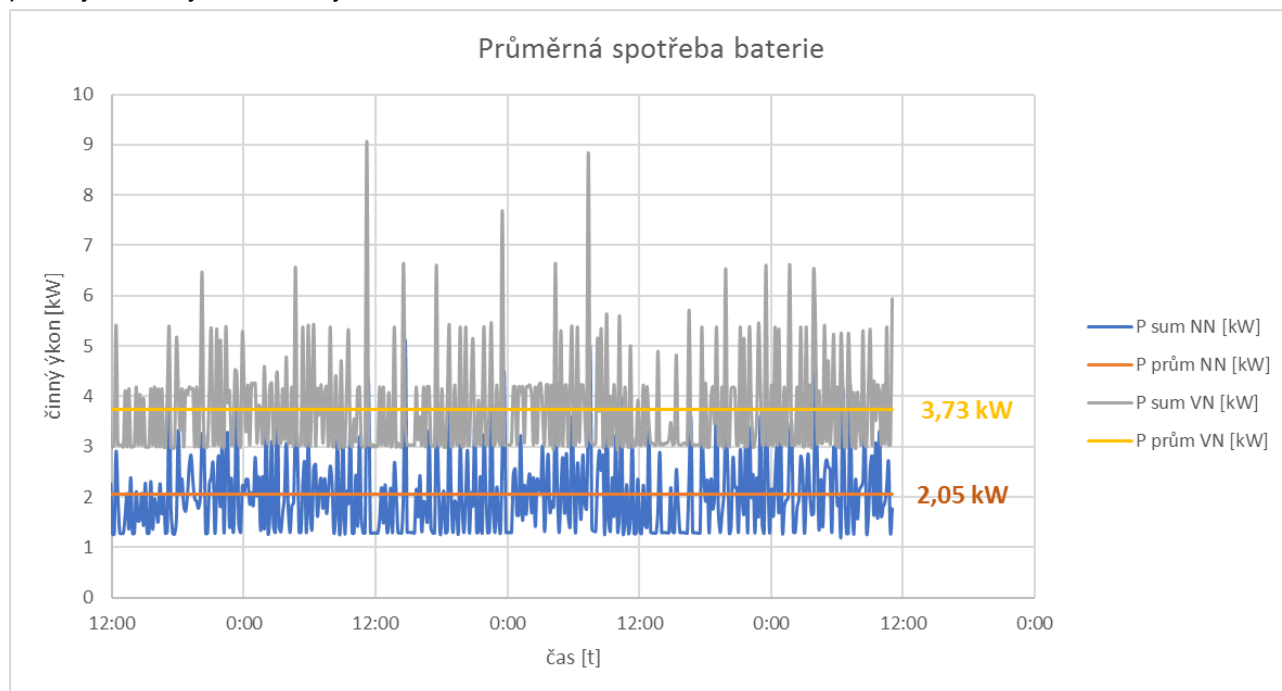
10	Navolení jalového výkonu - 100 % $Q_{\max}$ – režim odběru Q	0 kW - 1000 kVAr	0 kW - 1000 kVAr	+ 17 kW - 1076 kVAr	+ 12 kW - 990 kVAr
11	Navolení jalového výkonu - 100 % $Q_{\max}$ – režim odběru Q, nastavení + $P_{\max}$	+ MAX kW - 1000 kVAr	+ 650 kW - 1000 kVAr	+ 667 kW - 1100 kVAr	+ 654 kW - 990 kVAr
12	Navolení jalového výkonu - 100 % $Q_{\max}$ – režim odběru Q -, nastavení - $P_{\max}$	- MAX kW - 1000 kVAr	- 650 kW - 990 kVAr	- 639 kW - 1094 kVAr	- 619 kW - 982 kVAr
13	Navolení činného výkonu 15 % $P_{\max}$ – režim nabíjení	+ 150 kW 0 kVAr	+ 150 kW 0 kVAr	+ 169 kW - 28 kVAr	+ 170 kW - 21 kVAr
14	Navolení činného výkonu 15 % $P_{\max}$ – režim nabíjení, nastavení + $Q_{\max}$	+ 150 kW + MAX kVAr	+ 150 kW + 1000 kW	+ 163 kW + 931 kVAr	+ 176 kW + 960 kVAr
15	Navolení činného výkonu 15 % $P_{\max}$ – režim nabíjení, nastavení - $Q_{\max}$	+ 150 kW - MAX kVAr	+ 150 kW - 1000 kVAr	+ 167 kW - 1087 kVAr	+ 160 kW - 988 kVAr

3.6. VLASTNÍ SPOTŘEBA BATERIE

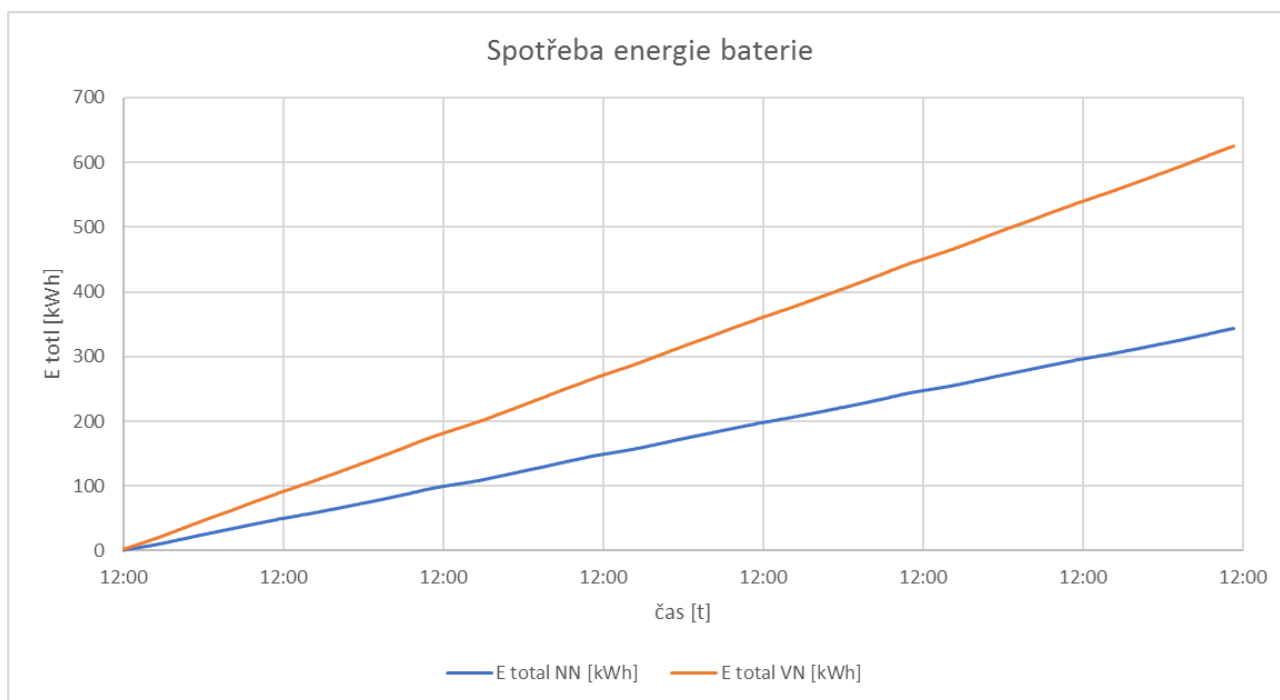
Současně při vyhodnocování účinnosti baterie (celková uložená a celková získaná energie) byla měřena i vlastní spotřeba celého bateriového kontejneru. Nevyšší podíl na vlastní spotřebě mají klimatizační jednotky, které zajišťují chlazení/vytápění kontejneru a udržují uvnitř stálou teplotu. Zbytek vlastní spotřeby tvoří počítače, ventilátory u střídačů a baterií a další zařízení.

Při provozu baterie je zde neustálý odběr samotné baterie průměrně 2,05 kW. Měření bylo prováděno v březnu. V průběhu měření neprobíhali žádné testy na baterii. Proto je spotřeba nízká. V případě nabíjení/vybíjení baterie a aktivaci všech ventilátorů a systémů uvnitř baterie se spotřeba 2x – 3x vyšší. Při zhoršení klimatických podmínek (vytápění/chlazení) může dosahovat hodnoty 12 kW i více.

Na níže uvedeném obrázku je patrné, že průměrný odběr baterie je 2,05 kW v případě tohoto měření. Na elektroměru je ovšem fakturována spotřeba na straně VN, která je vyšší o vlastní spotřebu TR. V tomto případě, je celkový fakturovaný odběr 3,73 kW.



Obrázek 12 - Aktuální průměrná činná spotřeba baterie (hladina NN a VN)



Obrázek 13 - Dopočtená spotřeba baterie za 1 týden podle předchozího grafu odběru

Výše uvedený obrázek zobrazuje spotřebu celého kontejneru během týdenního provozu, kdy nebyly prováděny žádné testy (vybití/nabíjení). Jedná se o březnový týden, kdy nebyl výrazný provoz klimatizačních jednotek.

Vlastní spotřeba baterie za týden činila 343 kWh. Fakturovaná hodnota na straně VN včetně vlastní spotřeby TR byla 625 kWh.

Na základě dalších měření lze říci, že v klidovém režimu baterie se TR transformátor podílí 2 kW ztrátami na spotřebě baterie. Zde je to 50 % spotřeby, ale při zvýšení spotřeby samotné baterie na 10 kW se již jedná jen o 17 %.

4. ZÁVĚRY

Změřené hodnoty ukazují, že hodnoty a vlastnosti baterie deklarované dodavatelem se podařilo splnit. Zároveň je zde prostor na odzkoušení dalších aplikací bateriového úložiště, jako je regulace jalové energie v součinnosti s běžným provozem jednotky, nebo provoz jednotky v ostrovním režimu jako příprava na hypotetický scénář black-outu. Věříme, že podobné aktivity přispějí k rychlejší integraci bateriových úložišť do elektrizační soustavy České republiky a využití jejich maximálního potenciálu pro zlepšení provozu.

V rámci měření, se podařilo dosáhnout mezních výkonů při nabíjení a vybití baterie. Současně byl detailně popsán celý cyklus (nabití a vybití) včetně jednotlivých vynucených omezení výkonů. Ověřovat baterii na základě vlivu na vyšší harmonické nebylo nutné, protože splňuje poměrové výkonové kritérium se zkratovým výkonem v místě připojení. Účinnost samotné baterie byla stanovena na 89,15 % a při uvažování vlivu na síť VN (započtení ztrát na TR) je 86,95 %. Na závěr testů byl stanoven provozní PQ digram baterie. Vlastní spotřeba baterie je závislá na okolní teplotě (klimatizace kontejneru nebo jeho vytápění) a zde je baterie v provozu nebo stan-by režimu. Odebíraný činný výkon se tak pohybuje od 3 kW výše.

5. LITERATURA

- [1] IRENA (2017), Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Str. 31. ISBN 978-92-9260-038-9 (PDF, [dostupné z webu](#)) K 1.10.2018
- [2] ČEPS, a.s. Kodex přenosové soustavy. Část II Podpůrné služby. Str. 53 Dostupné z [webu](#). K 1.10.2018
- [3] Pravidla provozování distribučních soustav. Příloha 4 PRAVIDLA PRO PARALELNÍ PROVOZ VÝROBY A AKUMULAČNÍCH ZAŘÍZENÍ SE SÍTÍ PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY. Str. 8. Dostupné [z webu k 1.10.2018](#).
- [4] KLOUBEC M., PANÁČ M., JURÍK M. Skladování elektrické energie v bateriových stanicích a jejich využití v elektrizační soustavě – trendy a zkušenosti. Sborník konference ČK CIREC 2017 EGC České Budějovice, 2017, Sekce č.1 / referát č.3.



Ing. Martin Kurfiřt

Vystudoval elektrotechnickou fakultu na ZČU v Plzni, obor Elektroenergetika. Ve společnosti E.ON Distribuce, a. s. působí jako technik kontroly kvality dodávky. Věnuje se měření a vyhodnocování kvality napětí, modelování zpětných vlivů, kolísání napětí, řešení reklamací na kvalitu elektrické energie, problematice vlivu elektromobility na distribuční síť. Dále se zabývá testováním nových měřících zařízení (SW i HW) před jejich nasazením do provozu, věnuje se kompatibilitě využívaného SW i HW s novými verzemi operačního systému Windows.

Email: martin.kurfiřt@eon.cz



Ing. Michal Jurík

V roce 2013 dokončil magisterské studium na Fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze, obor Elektroenergetika. V koncernu E.ON, do kterého nastoupil v roce 2013, působí od roku 2015 na pozici projektového manažera v oddělení Inovační projekty. Zabývá se analýzou inovativních technologií pro distribuční síť a ověřováním jejich spolehlivosti v rámci pilotních instalací.

Autor je pověřen realizací projektu velkokapacitní bateriové jednotky v Mydlovarech. Jeho další projekty zahrnují pilotní nasazování kompaktních Smart rozváděčů VN a univerzálních monitorů NN do trafostanic VN/NN v distribuční síti E.ON v České republice.

Kontakt na autora: tel. +420 733 670 500, e-mail: michal.jurik@eon.cz