

Technická zpráva pro fotovoltaický střídač EGD2024-Z015

Growatt SPH10000TL3 BH-UP

Platné pro řadu:

SPH 4000TL3 BH-UP

SPH 5000TL3 BH-UP

SPH 6000TL3 BH-UP

SPH 7000TL3 BH-UP

SPH 8000TL3 BH-UP

SPH 10000TL3 BH-UP

eg·d

ČLEN SKUPINY E.ON

Typ: Growatt SPH10000TL3 BH-UP
Verze FW: YBAA050510
Sériové číslo: AEH0A5100C
Country setup: Czech republic
Technická zpráva: EGD2024-Z015

Informace - střídač

Výrobce: Growatt

Typ: SPH10000TL3 BH-UP

Výkon: 10000 VA

Vstupní parametry DC: 120-1000 V (600 V); 13,5 A (16,9 A I_{sc})

Výstupní parametry AC: 230 V/ 50 Hz; 10000 VA (10000 W)

Účinník: 0,8_{ind} – 0,8_{kap}

Fáze: 3f

Hybridní: ANO

Nastavený grid code: Czech Republic

Poznámka:



Datum vydání technické zprávy: 18. 1. 2024

Měření provedl: Ing. Tomáš Valta, tomas.valta@egd.cz

Odpovědný vedoucí: Ing. Jan Volek, jan.volek@egd.cz

Seznam provedených testů

| | Legislativa | | Tech. zpráva | Detail požadavku | Detail měření | Splňuje |
|-----------------------------------------|-------------|--------------------|--------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------|
| | Dokument | čl./kap. | | | | |
| Frekvenční stabilita | RfG | čl. 13.1 a) | 1 | Doba provozu $t = 30$ min pro $f 47,5 - 48,5$ Hz | $f 47,6$ Hz 5 min | ANO |
| | PPDS | 9.1.1 | | Doba provozu $t = 30$ min pro $f 51 - 51,5$ Hz | $f 51,4$ Hz 5 min | |
| RoCoF | RfG | čl. 13.1 b) | 2 | RoCoF - 2 Hz/s | Zvládá rampu 2 Hz/s | ANO |
| | PPDS | 9.1.1 | | | | |
| Snížení činného výkonu při nadfrekvenci | RfG | čl. 13.2 | 3 | Statika $s - 5 \%$ | 100 % $P_n - 5,02 \%$ - OK 50 % $P_n - 5,04 \%$ - OK | ANO |
| | PPDS | 9.3.1 | | Prahová frekvence 50,2 Hz | 50,2 Hz | |
| Snížení činného výkonu při podfrekvenci | RfG | čl. 13.4 a 13.5 | 4 | $f > 49$ dovolený pokles P o 2 %/Hz | 0 %/Hz | ANO |
| | PPDS | 9.3.2 | | | | |
| Logický modul | RfG | čl. 13.6 | 5 | Čas odpojení - 5 s | | ANO |
| | PPDS | 5.1 | | | | |
| Automatické opětovné připojení VM | RfG | čl. 13.7 | 6 | Gradient $P - \max 10$ %/min | 9,8 %/min | ANO |
| | PPDS | 9.5 | | Čas analýzy – 300 s | 300 s | |
| | | | | Připojení mimo rozsah | NE | |
| Snížení činného výkonu při nadfrekvenci | PPDS | 9.3.1 | 3 | Prahová frekvence pro obnovu činného výkonu 50,05 Hz | ANO | ANO |
| | | | | Gradient nárůstu činného výkonu | 10 %/min | |
| Ověření jmenovitého výkonu | PPDS | 2 | 7 | $P_n (\cos\phi = 1) = 10$ kW | Naměřeno 10 kW | ANO |
| Napěťová stabilita | PPDS | 9.1.2 | 8 | Trvalý provoz 0,85 - 1,1 U_n | 0,86 U_n 10 min | ANO |
| | | | | | 1,09 U_n 10 min | |
| Překlenutí podpětí | PPDS | 9.2.2.1 | 9 | Křivka URVT dle PPDS | Překlenul UVRT | ANO |
| Překlenutí přepětí | PPDS | 9.2.2.2 | 10 | Křivka ORVT dle PPDS | Překlenul OVRT | ANO |
| Funkce P(U) | PPDS | 9.3.5 | 11 | Nastaveno dle EG.D | P(U) odpovídá nastavení | ANO |
| Funkce Q(U) | PPDS | 9.4.2 | 11 | Nastaveno dle EG.D | Q(U) odpovídá nastavení | ANO |
| | | | | Odezva Q na změnu U $\tau = 20$ s | Naměřené $\tau = 20$ s | |
| Nastavení ochran | SoP | | 12 | Nastaveno dle EG.D | | ANO |

Požadavek RfG NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2016/631 upřesněn požadavky PPDS - příloha č.4

Typ: Growatt SPH10000TL3 BH-UP
Verze FW: YBAA050510
Sériové číslo: AEH0A5100C
Country setup: Czech republic
Technická zpráva: EGD2024-Z015

Informace - testy

| | |
|---------------------------|------------|
| Počet provedených testů | 13 |
| Vyhovělo | 13 |
| Nevyhovělo | 0 |
| Neprovedeno | 0 |
| Celkové hodnocení střídač | Vyhovující |

Technická zpráva

Obsah

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Zkratky | 7 |
| Legislativa | 7 |
| Testovací systém | 8 |
| Vztažné jednotky | 9 |
| 1. Frekvenční stabilita..... | 10 |
| 2. Časová změna frekvence RoCoF..... | 12 |
| 3. Snížení činného výkonu při nadfrekvenci | 13 |
| 4. Snížení činného výkonu při podfrekvenci..... | 17 |
| 5. Logický modul pro přerušení dodávky činného výkonu | 19 |
| 6. Automatické opětovné připojení k soustavě..... | 20 |
| 7. Ověření jmenovitého výkonu střídače | 23 |
| 8. Napěťová stabilita..... | 24 |
| 9. Překlenutí podpětí – křivka UVRT..... | 25 |
| 10. Překlenutí přepětí – křivka OVRT | 27 |
| 11. Funkce P(U) a Q(U) | 29 |
| 12. Ochrany | 32 |
| Závěr | 38 |
| Příloha..... | 40 |
| Příloha č.1 – Nastavení střídače | 41 |

Zkratky

| | |
|-------|-------------------------------------------------------------|
| P | Činný výkon (W) |
| Q | Jalový výkon (VAr) |
| S | Zdánlivý výkon (VA) |
| U | Napětí (V) |
| f | Frekvence (Hz) |
| I | Elektrický proud (A) |
| s | Statika (%) |
| VM | Výrobní modul |
| DS | Distribuční soustava |
| TZ | Technická zpráva |
| RoCoF | Rate of change of frequency – časová změna frekvence (Hz/s) |
| AC | Střídavý proud |
| DC | Stejnoseměrný proud |

Legislativa

PPDS – Pravidla provozování distribučních soustav – příloha č. 4: Pravidla pro paralelní provoz výroben a akumulačních zařízení se sítí provozovatele distribučních soustav

Interní připojovací podmínky společnosti EG.D

RfG - Requirements for Generators NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2016/631

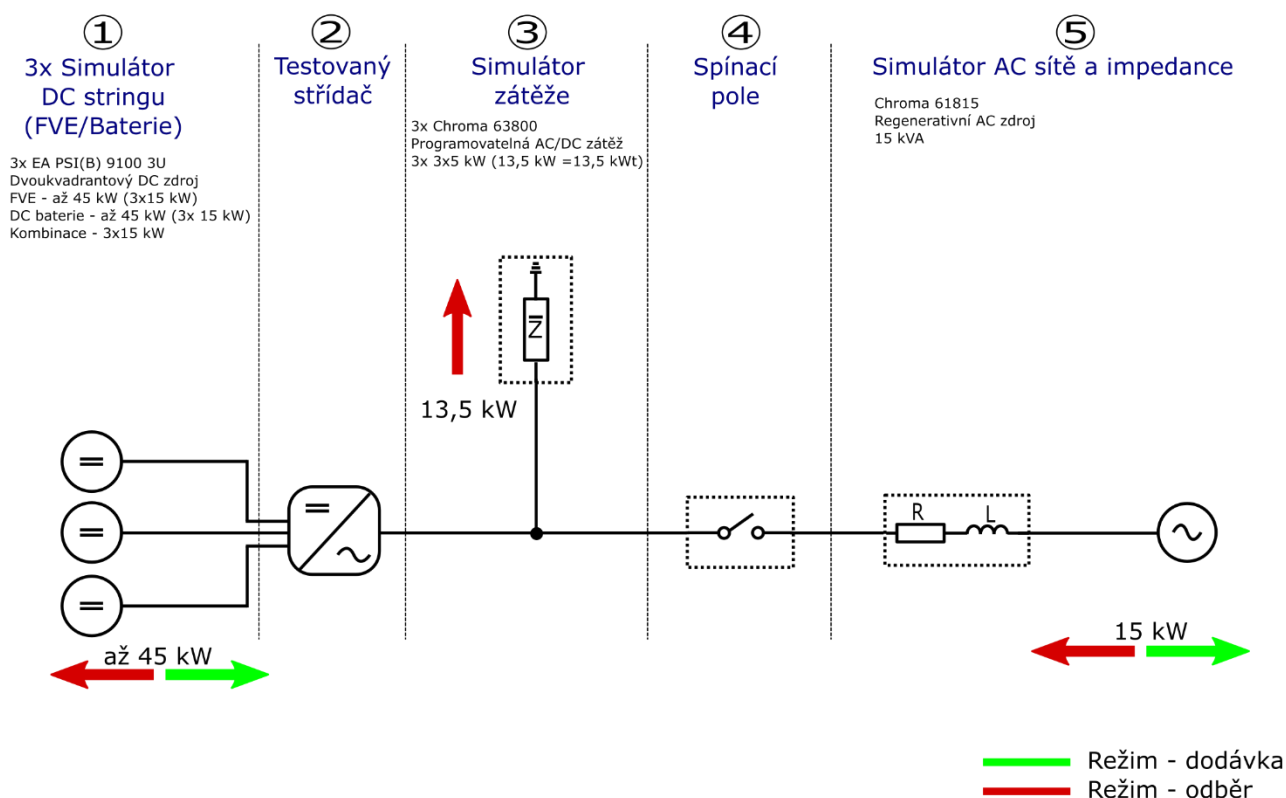
EN 50549 - Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks
- Part 1: Connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type B

Testovací systém

Schéma zobrazuje zapojení testovacího systému, na kterém se provádí ověřování požadavků kladených na testovaný střídač. Fotovoltaické panely jsou zde zastoupeny stejnosměrným zdrojem (Simulátor DC stringu), na kterém je možné namodelovat požadovanou PV charakteristiku. Při modelování PV charakteristiky se vychází ze vstupních parametrů střídače (U_{oc} , I_{sc} , U_{mppt} , I_{mppt}). Stejnoseměrný zdroj také plní funkci bateriového uložení.

Simulátor zátěže lze využít pro namodelování libovolného zařízení. Díky tomu je možné sledovat reakci střídače na různý typ zařízení např. v domácnosti.

Simulátor AC sítě je využíván jako umělá distribuční síť, kde je možné měnit parametry sítě (napětí U a frekvence f). Je zde možné libovolně nasimulovat různé jevy, které mohou v distribuční síti vzniknout a sledovat odezvu střídače na tyto jevy.



Ověřování parametrů probíhá pomocí kvalimetru elektrické energie, který je pro vyhodnocení nastaven na 200 ms RMS hodnoty pro zkoušky trvající jednotky sekund až minut. Pro krátké děje je měření nastaveno na 10 ms RMS hodnoty.

Vztažné jednotky

V celé TZ jsou jednotky v grafech uváděny v poměrných jednotkách. Vztažné hodnoty jsou následující:

P_n – 10000 W

Q_n – 4358 VAr pro Q(U) křivku

U_n – 230 V

1. Frekvenční stabilita

Legislativa: PPDS – kap.9.1.1, návaznost: RfG – čl.13.1 a), EN50549 – kap.4.4.2

1.1. Požadavek:

VM A1 musí zůstat připojen k soustavě a pracovat v rozsahu frekvencí uvedených v tabulce (*tab.1.1*).

Tab.1.1: Frekvenční rozsah

| Rozsah frekvence | Min doba provozu |
|------------------|------------------|
| 47,5 - 48,5 Hz | 30 min |
| 48,5 - 49 Hz | 90 min |
| 49 - 51 Hz | bez omezení |
| 51 - 51,5 Hz | 30 min |

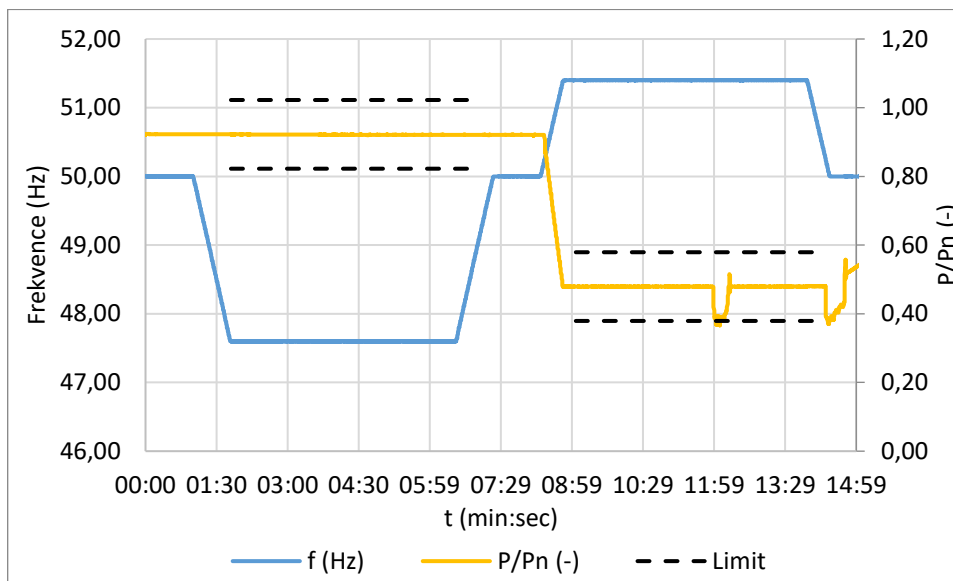
1.2. Průběh zkoušky:

Střídač je připojen k umělé DS. Před spuštěním zkoušecí sekvence byl střídač ponechán na jmenovitých hodnotách napětí a frekvence po dobu 60 sekund. Poté došlo ke změně frekvence na hodnotu 47,6 Hz během 48 sekund. Tato frekvence je volena pro ověření nejnižšího frekvenčního rozsahu, který PPDS požaduje (*tab.1.1*). Na této frekvenci byl střídač provozován 5 minut (*obr.2.1*). Poté je frekvence vrácena během 48 sekund na jmenovitou frekvenci 50 Hz. Střídač je ponechán na jmenovitých parametrech po dobu 60 sekund, ty slouží pro ustálení střídače před zahájením druhé části zkoušecí sekvence.

Druhým testovaným rozsahem je frekvence 51,4 Hz. Ke změně frekvence dochází během 28 sekund. Na požadované frekvenci 51,4 Hz je střídač ponechán 5 minut. Poté je během 28 sekund frekvence vrácena na jmenovitou hodnotu 50 Hz. Během provozu při nadfrekvenci dochází ke snížení dodávky činného výkonu. Tento pokles je dán regulací činného výkonu, ke kterému dochází např. při nadfrekvenci (snížení činného výkonu při nadfrekvenci) viz. kapitola 3 této TZ. Průběh testu na přiloženém grafu (*obr.2.1*).

U střídače nesmí dojít v průběhu testu k odpojení. Pokud se u střídače vyskytují náhodné kmity během testu je frekvenční stabilita vyhodnocena jako nesplněno. Tolerovány jsou kmity v rozmezí $\pm 10 \% P_N$, které jsou přítomny po dobu celého testu. V průběhu testu může střídač omezit svůj výkon dle $P(f)$ křivek. Činný výkon slouží pro doložení funkčnosti střídače během poklesu frekvence.

Grafy:



Obr.1.1: Frekvenční stabilita

1.3. Výsledek:

| Testovaný rozsah | Čas testu | Vyhovující | Celkové hodnocení |
|------------------|-----------|------------|-------------------|
| 47,6 Hz | 5 min | ANO | ANO |
| 51,4 Hz | 5 min | ANO | |

2. Časová změna frekvence RoCoF

Legislativa: PPDS – kap.9.1.1, návaznost: RfG – čl.13.1.b), EN50549 – kap.4.5.2

2.1. Požadavek:

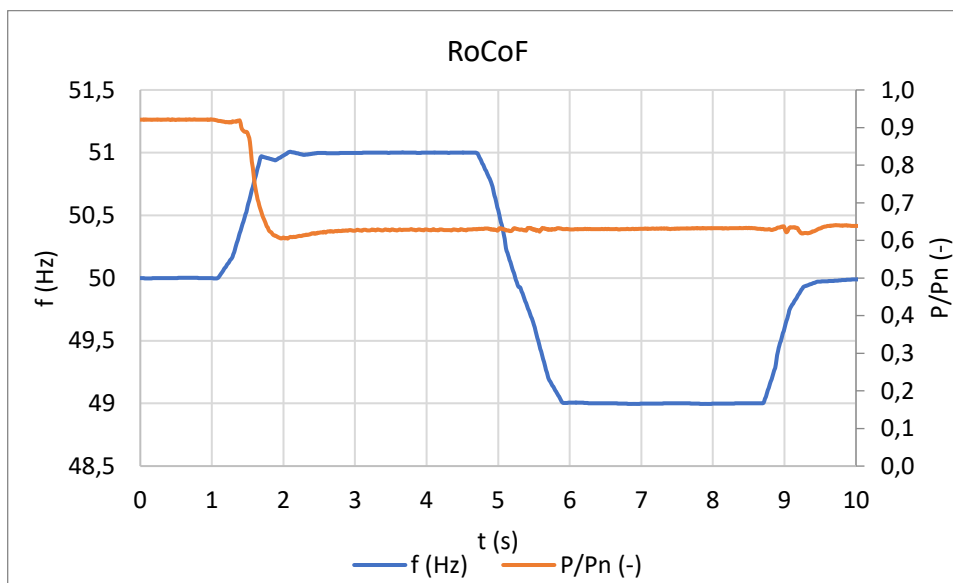
Nesynchronní VM musí disponovat schopností RoCoF. V případě změny frekvence do ± 2 Hz/s nesmí dojít k odpojení VM od soustavy.

2.2. Průběh zkoušky:

Pro ověření je použita rampa 2 Hz/s. Po ustálení parametrů střídače je na AC straně změněna frekvence s rampou 2 Hz/s. Nejdříve je frekvence zvýšena z 50 Hz na 51 Hz za 500 ms (rampa 2 Hz/s). Z frekvence 51 Hz dochází k poklesu na 49 Hz za 1000 ms (rampa 2 Hz/s). Poslední změnou testovací sekvence je návrat z 49 Hz na 50 Hz za 500 ms (rampa 2 Hz/s). Průběh zkoušky na *obr.2.1*.

Požadavek RoCoF je splněn.

Grafy:



Obr.2.1: RoCoF

2.3. Výsledek:

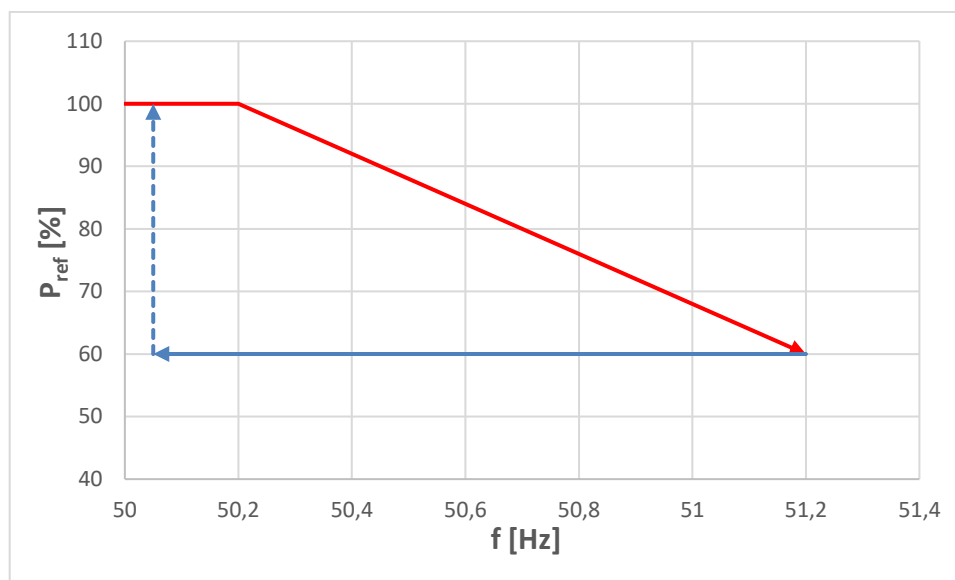
| Testovaná změna frekvence | Vyhovující |
|---------------------------|------------|
| 2 Hz/s | ANO |

3. Snížení činného výkonu při nadfrekvenci

Legislativa: PPDS – kap.9.3.1, návaznost: RfG – čl.13.2, EN50549 – kap.4.6.1

3.1. Požadavek:

Střídač musí být schopen poskytnout frekvenční odezvu činného výkonu dle určené regulační charakteristiky (*obr.3.1*). Prahová hodnota aktivace musí být nastavitelná od 50,05 Hz včetně do 52 Hz. Statika s musí být volitelná mezi 4 – 10 %. Jako výchozí hodnoty PPDS jsou uvedeny hodnoty prahové frekvence 50,2 Hz, statika 5 %. Při návratu frekvence na jmenovitou hodnotu 50 Hz, musí VM setrvat na aktuální hodnotě činného výkonu. K opětovnému nárůstu činného výkonu může dojít při frekvenci <50,05 Hz s gradientem činného výkonu 10 %/min. P_{ref} je aktuální hodnota činného výkonu na výstupu při dosažení prahové frekvence.



Obr.3.1: Regulační charakteristika pro frekvenční odezvu při nadfrekvenci

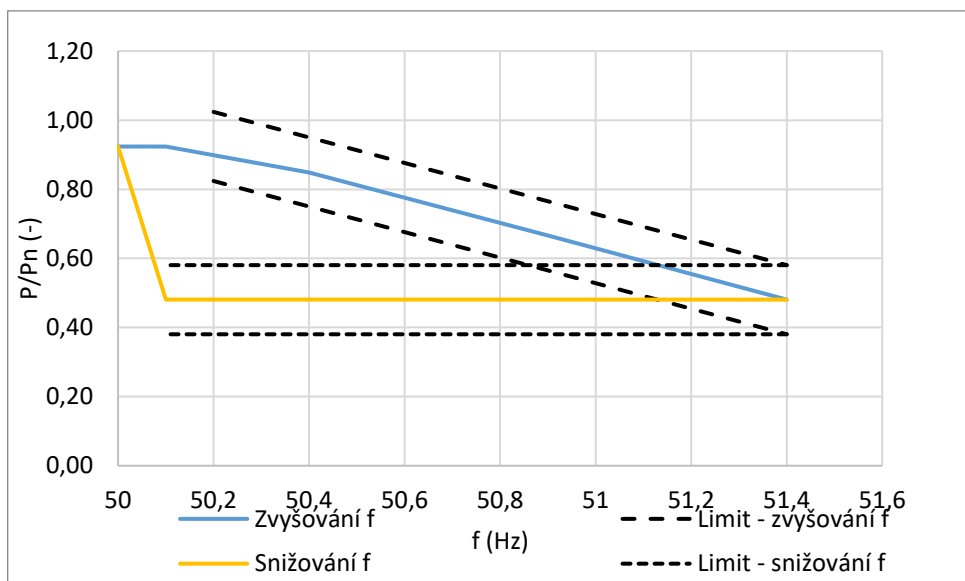
3.2. Průběh zkoušky:

Na AC simulátoru je zvyšována frekvence skokově v sekvenci 50-50,1-50,4-50,9-51,4 Hz a zpět. Frekvence je měněna vždy po jedné minutě. Je sledována odezva činného výkonu na změny frekvence. Vyhodnocení probíhá vždy ve dvou výkonových stupních, např. 100 a 50 % P_n .

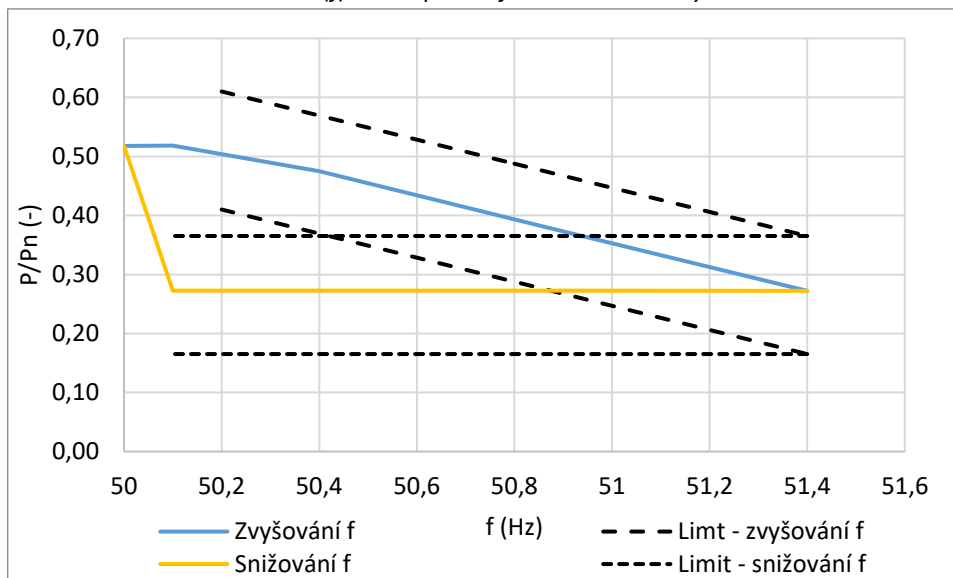
Poslední částí zkoušky (*obr. 3.4*) je zvýšený dostupného výkonu na DC vstupu střídače během doby, kdy došlo k omezení činného výkonu kvůli nárůstu frekvence. Zkouška je prováděna při cca 50 % P_n a frekvenci 50,8 Hz. Výkon na DC straně střídače je zvýšen o 20 %, přičemž výkon na AC straně se nesmí zvýšit. Střídač tuto zkoušku splnil.

Snížení činného výkonu musí splňovat statiku 5 % s maximální odchylkou ± 10 % PN. Pokles činného výkonu musí začít v intervalu frekvence 50,2 – 50,8 Hz. K opětovnému nárůstu činného výkonu musí dojít v intervalu frekvence 50,1 – 50 Hz. Ve třetím testu při zvýšení PDC o 20 % nesmí dojít ke zvýšení výkonu střídače.

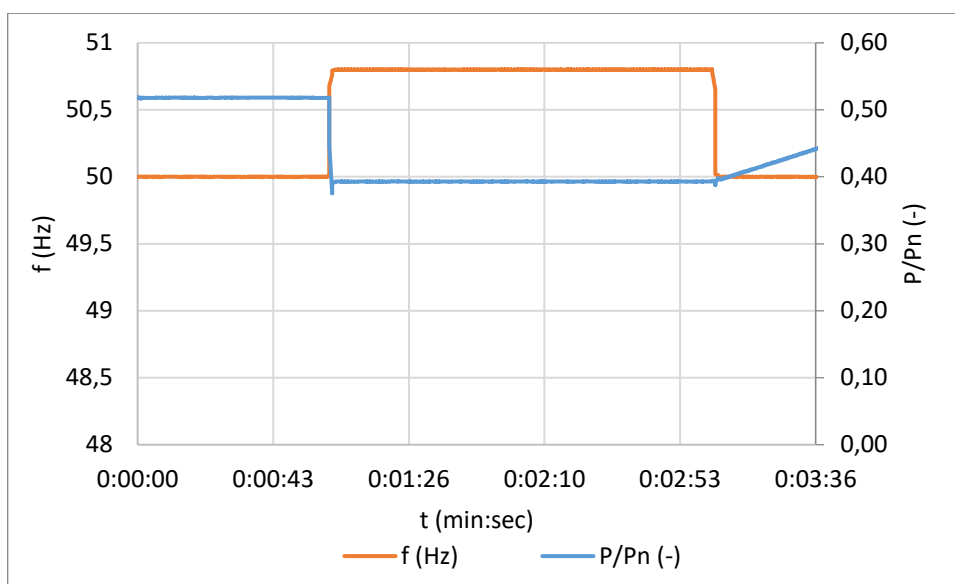
Grafy:



Obr.3.2: $P(f)$ křivka při nadfrekvenci – 93 % výkonu



Obr.3.3: $P(f)$ křivka při nadfrekvenci – 50 % výkonu



Obr.3.4: Navýšení činného výkonu během omezení $P(f)$ křivky

3.3. Výsledek:

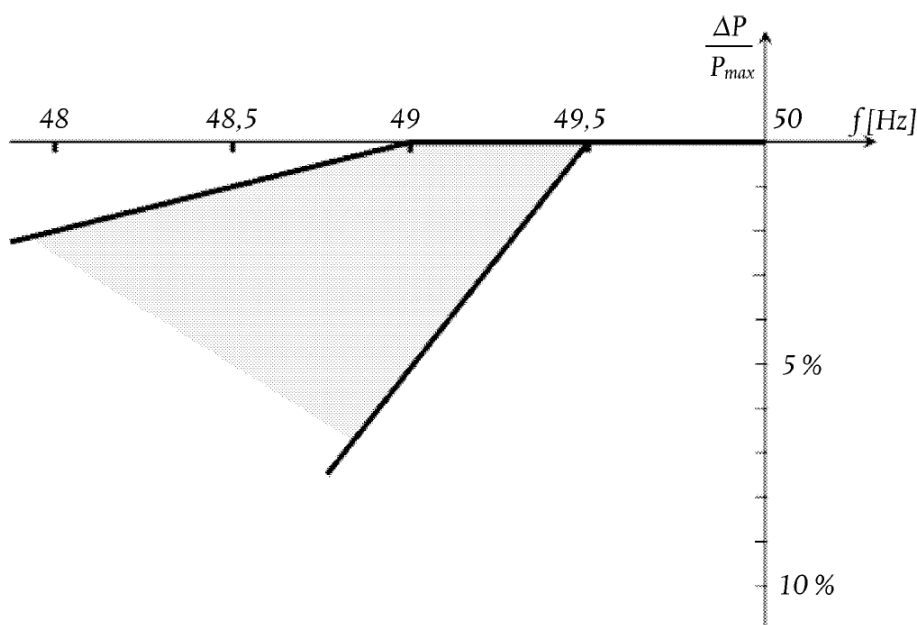
| Výsledná tabulka – 93 % | | Vyhovující | Celkové vyhodnocení | |
|----------------------------|----------------------------|------------|---------------------|-----|
| Frekvence (Hz) | Činný výkon (W) | | | |
| 50 | 9238.4 | - | | |
| 50.1 | 9235.2 | | | |
| 50.4 | 8488.6 | | | |
| 50.9 | 6658.6 | | | |
| 51.4 | 4807.4 | | | |
| 50.9 | 4812.5 | | | |
| 50.4 | 4812.1 | | | |
| 50.1 | 4811.4 | | | |
| 50 | 9241.0 | | | |
| Statika (%) | 5,02 | | | ANO |
| Návratová frekvence | <50,05 Hz | ANO | | |
| Gradient | <10 %/min | ANO | | |
| Výsledná tabulka – 50 % | | Vyhovující | | |
| Frekvence (Hz) | Činný výkon (W) | | | |
| 50 | 5179.5 | - | | |
| 50.1 | 5183.3 | | | |
| 50.4 | 4747.1 | | | |
| 50.9 | 3732.0 | | | |
| 51.4 | 2723.2 | | | |
| 50.9 | 2726.0 | | | |
| 50.4 | 2725.5 | | | |
| 50.1 | 2725.1 | | | |
| 50 | 5179.6 | | | |
| Statika (%) | 5,04 | | | ANO |
| Návratová frekvence | <50,05 Hz | ANO | | |
| Gradient | <10 %/min | ANO | | |
| Nárůst výkonu na DC straně | Nárůst výkonu na AC straně | Vyhovující | | |
| 0 20 % | 0 % | ANO | | |

4. Snížení činného výkonu při podfrekvenci

Legislativa: PPDS – kap.9.3.2 Návaznost: RfG – čl.13.4 a 5, EN50549 – kap.4.4.3

4.1. Požadavek:

Pokud není VM schopen udržet konstantní dodávku činného výkonu při poklesu frekvence, má možnost společně s klesající frekvencí snížit i dodávaný činný výkon do sítě. Požadavek PPDS na VM je dán horní (přísnější) čarou (*obr.4.1*), a tedy pokles pod frekvenci 49 Hz může způsobit pokles činného výkonu o 2 %/Hz. Provozovatel PS může v případě stanovit jiné snížení činného výkonu, které musí být ve vymezené oblasti. Druhá čára má pokles stanovený od 10 %/Hz při poklesu frekvence pod 49,5 Hz. Snížení platí pro jmenovité podmínky okolního prostředí stanovené výrobcem. Pokud VM není schopen plnit tyto požadavky, je potřeba doložit technickou studii PDS.

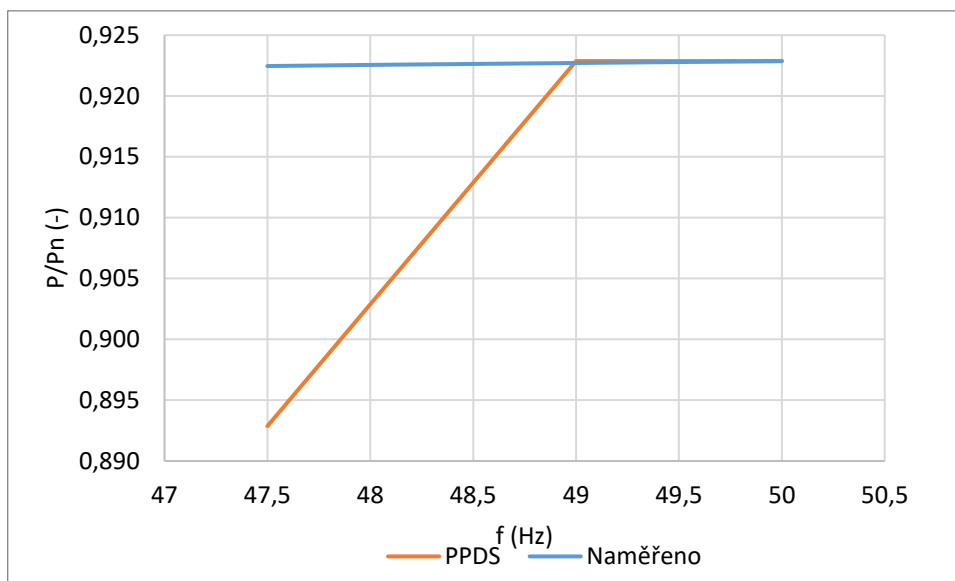


Obr.4.1: Regulační oblast pro snížení činného výkonu při podfrekvenci

4.2. Průběh zkoušky:

Dle požadavku PPDS může dojít k poklesu činného výkonu maximálně o 2 % P_{max} /Hz při poklesu frekvence pod 49 Hz. Tento požadavek byl otestován současně s požadavkem na frekvenční stabilitu (TZ kapitola 1), kdy byla frekvence snížena na hodnotu 47,6 Hz. Z kapitoly 1 této TZ.

Grafy:



Obr.4.2: Naměřená vs požadovaná křivka $P(f)$ při snižující se frekvenci

4.3. Výsledek:

| Dovolený pokles činného výkonu | Naměřený pokles činného výkonu | Vyhovující |
|--------------------------------|--------------------------------|------------|
| Pod 49 Hz max 2 %/Hz | 0 % | ANO |

5. Logický modul pro přerušení dodávky činného výkonu

Legislativa: PPDS – kap.5.1, návaznost: RfG – čl.13.6, EN50549 – kap.4.11.1

5.1. Požadavek:

Střídač musí disponovat logickým rozhraním, přes které musí být možné do 5 sekund přerušit dodávku činného výkonu na výstupu. Pokyn může být obdržen např. pomocí HDO. Odpínací prvek musí zůstat funkční i po silovém odpojení výrobní z paralelního provozu.

5.2. Průběh zkoušky:

Po spojení příslušných kontaktů došlo ke snížení činného výkonu na 0 % a odpojení střídače.

5.3. Výsledek:

| | |
|----------------------------------|------------|
| Přerušení dodávky činného výkonu | Vyhovující |
| Do 5 sekund | ANO |

6. Automatické opětovné připojení k soustavě

Legislativa: PPDS – kap.9.5, návaznost: RfG – čl.13.7, EN50549 – kap.4.10.2

6.1. Požadavek:

Automatické připojení je povoleno, pokud příslušný provozovatel DS v koordinaci s příslušným provozovatelem PS nestanoví jinak a provozovatel DS nezakázal opětovné připojení z důvodu řízení činného výkonu v závislosti na provozních podmínkách (např. vysláním omezovacího signálu 0 %)

Došlo-li k odpojení střídače od sítě z důvodů odchylek napětí nebo frekvence, může se střídače automaticky připojit k síti po splnění kritérií:

1. Napětí a frekvence je po dobu 300 s (5 min) v mezích
 - a. Napětí U : 0,85-1,1 U_n
 - b. Frekvence f : 47,5-50,05 Hz
2. Dodávaný výkon P musí od nuly najíždět s gradientem 10 %/min

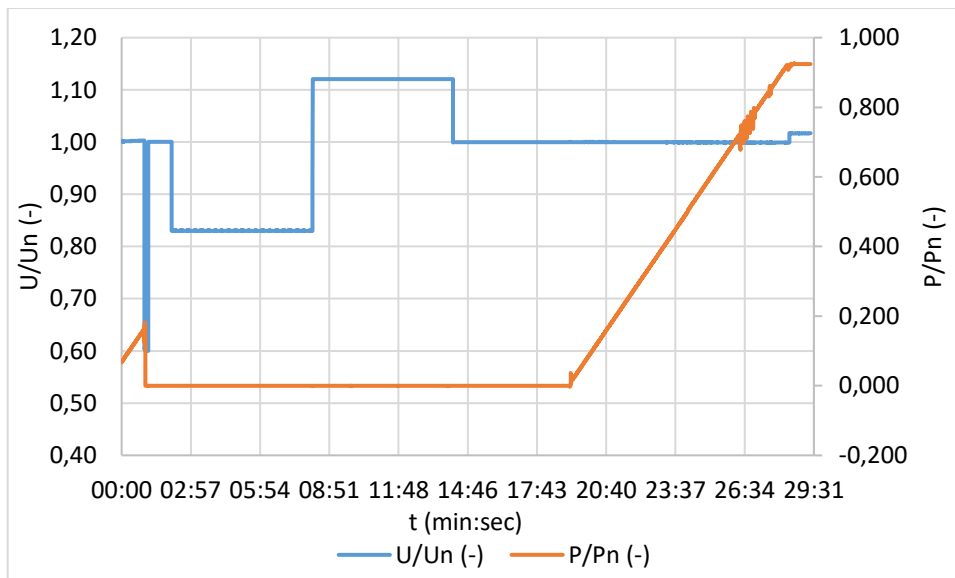
V případě, že není střídač schopen splnit bod 2., může se po předchozí koordinaci s PDS připojit v intervalu 0-20 min.

6.2. Průběh zkoušky

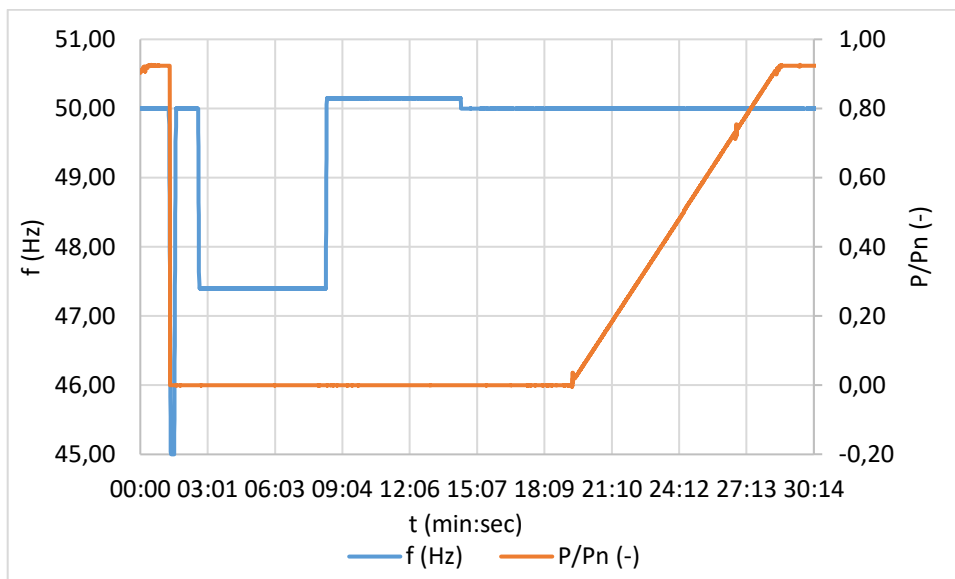
Střídač je uveden do provozu a před spuštěním zkoušecí sekvence je na dobu 60 sekund provozován na jmenovitých parametrech napětí a frekvence. Střídač je od umělé DS odpojen pomocí poruchy napětíového charakteru (*obr.6.1*) tím, že napětí je nastaveno na 0,6 U_n (138 V) po dobu 10 sekund. Poté je napětí vráceno na 1,0 U_n na 60 sekund, které opět slouží pro ustálení střídače. Po uplynutí této doby je napětí sníženo na hodnotu 0,83 U_n (190,9 V), kdy toto napětí se nachází mimo rozsah pro připojení. Napětí je na této hodnotě ponecháno po dobu 6 minut. Následně je napětí zvýšeno na 1,12 U_n (257,6 V), opět na 6 minut, pro ověření horního limitu rozsahu požadavku. Pro ověření gradientu je napětí vráceno na 1,0 U_n (230 V) a střídač je ponechán na této hodnotě, dokud nedojde k nárůstu činného výkonu.

Frekvenční rozsah je testován podobným způsobem. Střídač je nejdříve odpojen poruchou frekvenčního charakteru, tak že je frekvence snížena na 45 Hz na dobu 10 sekund. Poté je střídač provozován 60 sekund na jmenovitých parametrech, aby se zajistilo ustálení střídače. Jako první je testován spodní rozsah frekvence, ta je nastavena na 47,4 Hz na 6 minut. Dále je otestován horní rozsah frekvencí 50,15 Hz po dobu 6 minut. Na závěr je otestována doba pro analýzu sítě a gradient nárůstu činného výkonu, takže je frekvence vrácena na jmenovitou hodnotu 50 Hz.

Grafy:



Obr.6.1: Automatické připojení – napětí



Obr.6.2: Automatické připojení – frekvence

6.3. Výsledek:

| Automatické připojení - napětí | | | | Celkové vyhodnocení |
|-----------------------------------|----------------|-------------|------------|------------------------|
| | Požadováno | Naměřeno | Vyhovující | |
| Připojení mimo rozsah | Nepřipojení | Nepřipojení | ANO | ANO |
| Doba analýzy sítě | min 300 sekund | 300 sekund | ANO | |
| Gradient činného výkonu | max 10 %/min | 9,8 %/min | ANO | |
| Automatické připojení - frekvence | | | | |
| | Požadováno | Naměřeno | Vyhovující | |
| Připojení mimo rozsah | Nepřipojení | Nepřipojení | ANO | |
| Doba analýzy sítě | min 300 sekund | 300 sekund | ANO | |
| Gradient činného výkonu | max 10 %/min | 9,8 %/min | ANO | |

7. Ověření jmenovitého výkonu střídače

Legislativa: PPDS – kap.2, návaznost: RfG – čl.5, EN50549 – 3.2.1.

7.1. Požadavek:

Ověření jmenovitého výkonu střídače uváděného na štítku střídače.

7.2. Průběh zkoušky

AC simulátor je nastaven na své nominální hodnoty ($U_N = 230\text{ V}$, $f_N = 50\text{ Hz}$). Na DC simulátoru je nastaven výkon $1,2 P_{NAC}$.

7.3. Výsledek:

| Jmenovitý výkon | Naměřený výkon | Vyhovující |
|-----------------|----------------|------------|
| 10 kW | 10 kW | ANO |

8. Napěťová stabilita

Legislativa: PPDS – kap.9.1.2., návaznost: RfG – nepožaduje, EN50549 – kap.4.4.4

8.1. Požadavek:

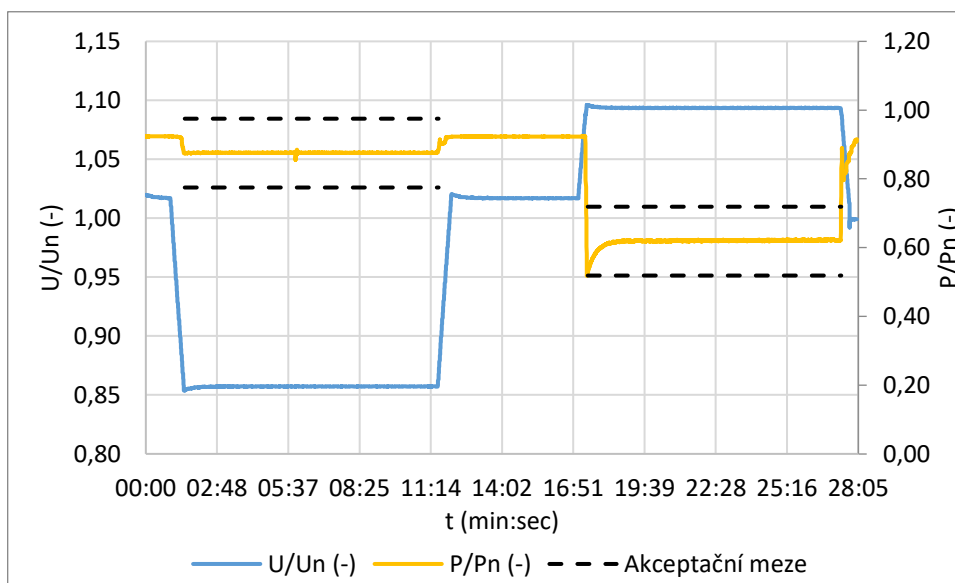
Střídač musí být schopen trvalého v provozu v napěťovém rozsahu $0,85 - 1,1 U_n$.

8.2. Průběh zkoušky:

Střídač je uveden do provozu při jmenovitých parametrech po dobu 60 sekund. Po ustálení všech parametrů střídači je na AC straně změněna velikost napětí během 32 sekund na $0,86 U_n$ (197,8 V) a na této hodnotě setrvává 10 minut, po kterých střídač pracuje stabilně. Po 10 minutách je test přerušeno a napětí vráceno na jmenovitou hodnotu $1,0 U_n$ (230 V) během 32 sekund a zde je střídač ponechán po dobu 5 minut.

Dále je otestován rozsah pro zvýšené napětí a je použita velikost $1,09 U_n$ (250,7 V). Hodnota napětí je zvýšena na $1,09 U_n$ během 21 sekund. Po dobu 10 minut je sledováno chování střídače, kdy opět dochází ke stabilnímu provozu. Napětí je během 21 sekund vráceno na jmenovitou hodnotu.

Grafy:



Obr.8.1: Napěťová stabilita

8.3. Výsledek:

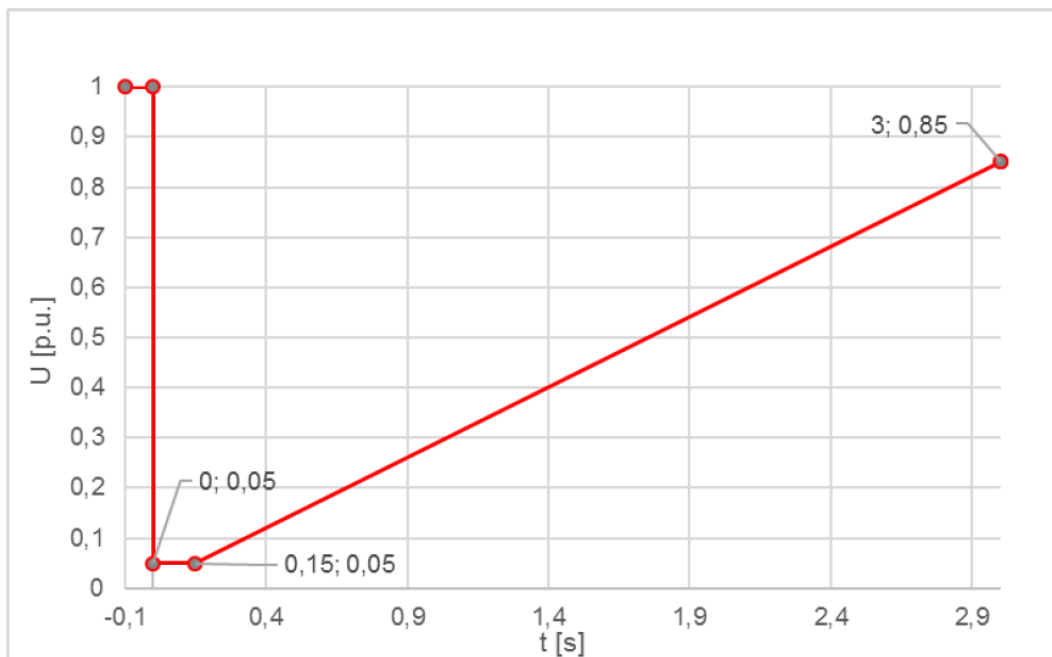
| Testovaný rozsah | Čas testu | Vyhovující | Celkové vyhodnocení |
|------------------|-----------|------------|---------------------|
| 0,86 U_n | 10 min | ANO | ANO |
| 1,09 U_n | 10 min | ANO | |

9. Překlenutí podpětí – křivka UVRT

Legislativa: PPDS – kap.9.2.2.1, návaznost: RfG -, EN50549 – kap.4.5.3

9.1. Požadavek

Střídač by se nesmí odpojit od DS při poklesu napětí, které odpovídá definované křivce – plná čára (obr.9.1). Pokud napětí klesne pod křivku, k odpojení může dojít.



Obr.9.1: Křivka UVRT

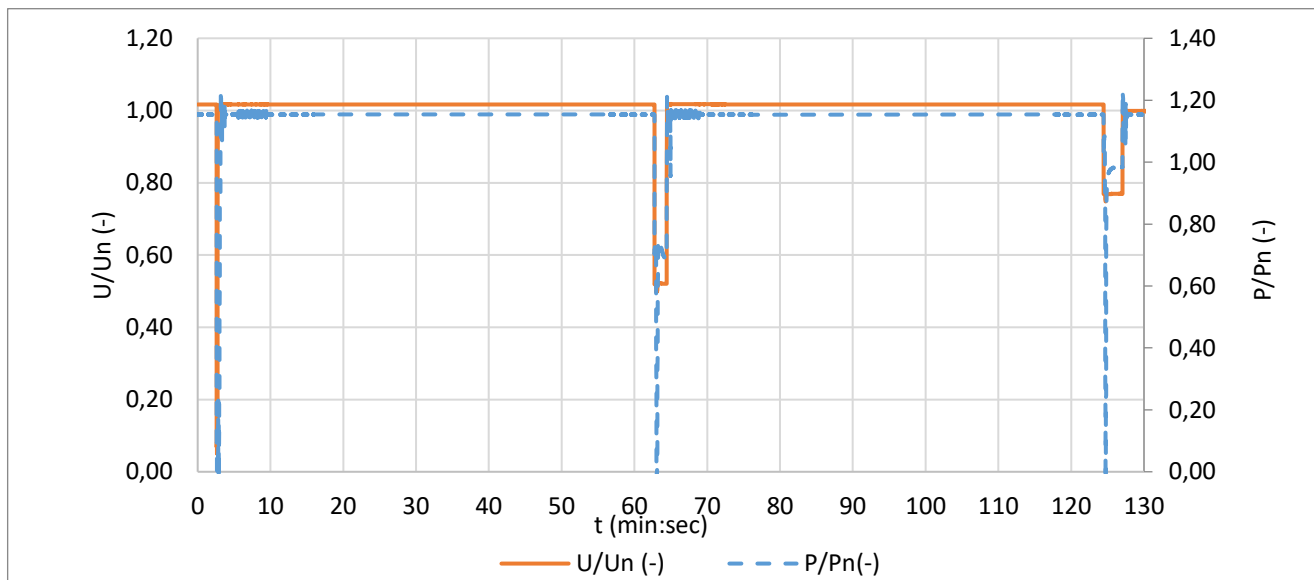
9.2. Průběh zkoušky:

Ochrana je uveden do provozu. Po ustálení je spuštěna sekvence odpovídající tab.9.1. Jednotlivé pokles jsou přiváděny na AC vstup ochrany po 60 sekundách. Pro splnění je potřeba tuto sekvenci překlenout 2x.

Tab.9.1: Testovací sekvence UVRT

| Značení | Pokles napětí | Doba trvání poklesu |
|---------|-------------------|---------------------|
| P.1 | 0,05 Un (11,5 V) | 0,15 s |
| P.2 | 0,5 Un (115 V) | 1,7 s |
| P.3 | 0,75 Un (172,5 V) | 2,6 s |

Grafy:



Obr.9.2: Křivka URVT – naměřeno

9.3. Výsledek:

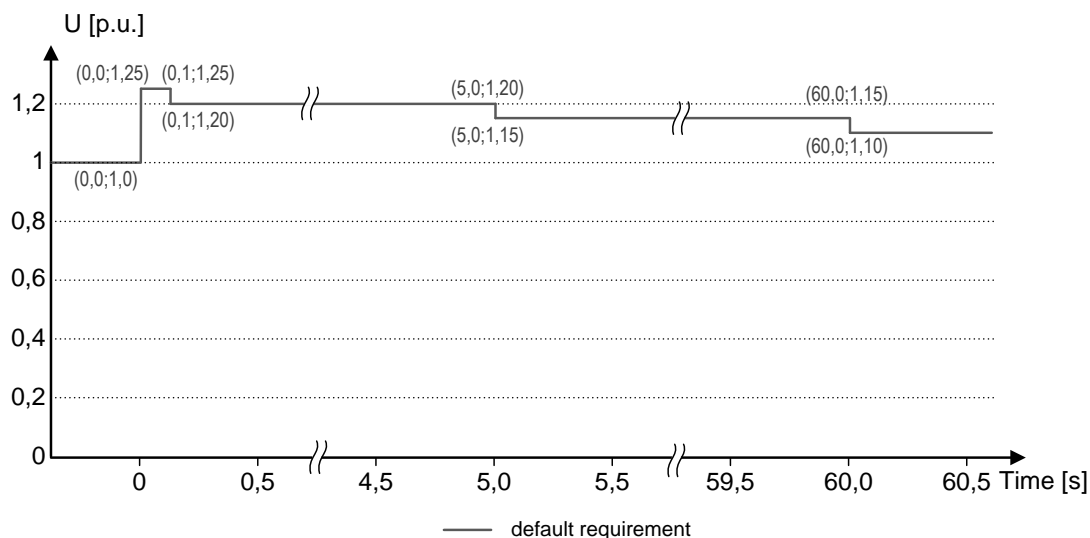
| Pokles | Vyhovující | Celkové hodnocení |
|--------|------------|-------------------|
| P.1 | ANO | ANO |
| P.2 | ANO | |
| P.3 | ANO | |

10. Překlenutí přepětí – křivka OVRT

Legislativa: PPDS – kap.9.2.2.2, návaznost: RfG -, EN50549 – kap.4.5.4

10.1. Požadavek:

Střídač musí zůstat připojen k DS pokud napětí na svorkách nepřekročí mez definovanou křivkou ORVT určenou následujícím grafem (*obr.10.1*). Toto musí splňovat i všechna zařízení výroby, které by mohly způsobit odpojení.



Obr.10.1: Křivka ORVT

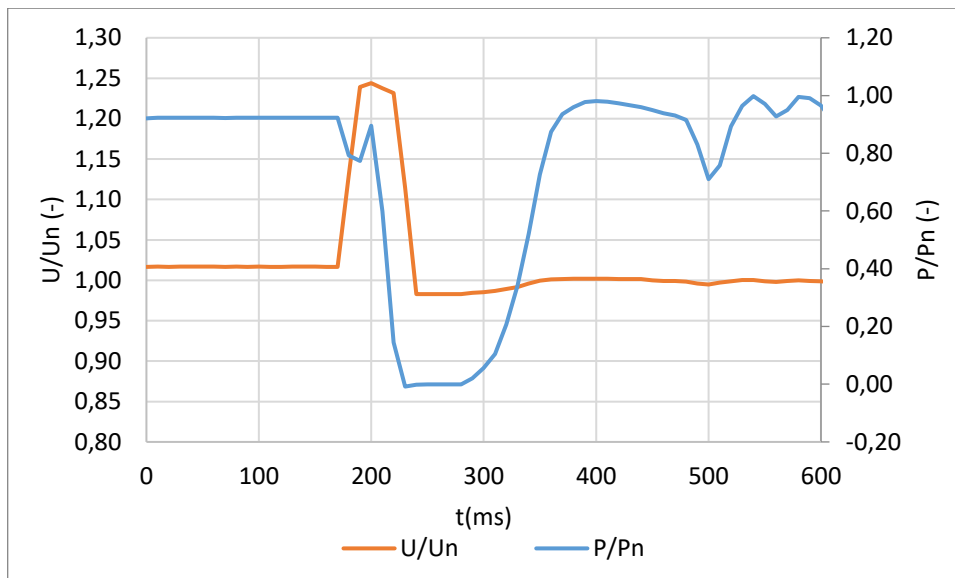
10.2. Průběh zkoušky:

Ověření schopnosti ochrany překlenout nadpětí a splnit křivku ORVT je rozděleno do tří stupňů dle tab.10.1

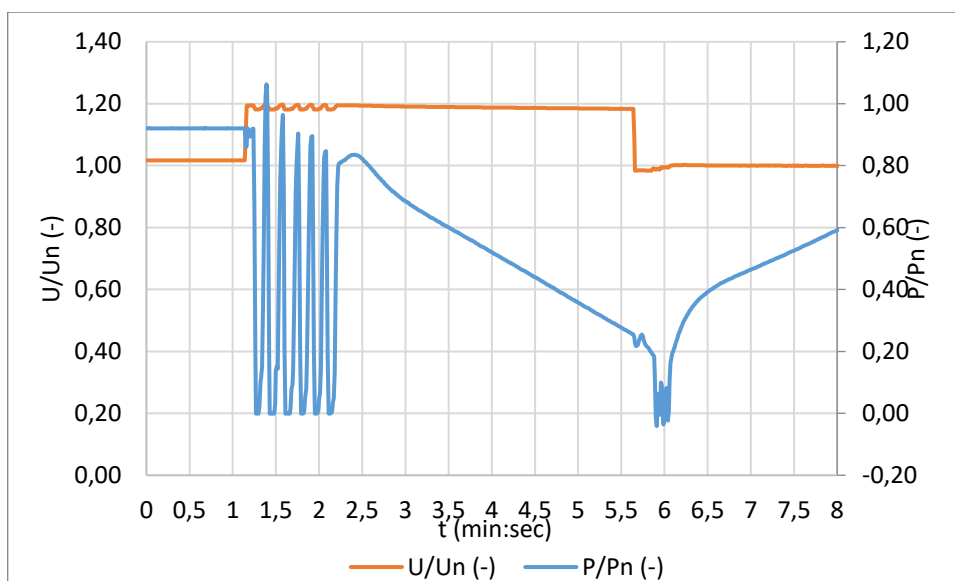
Tab.10.1: Testovací sekvence UVRT

| Značení | Nadpětí | Doba trvání poklesu |
|---------|-------------------|--------------------------------|
| N.1 | 1,23 Un (282,9V) | 50 ms |
| N.2 | 1,18 Un (271,4 V) | 4,5 s |
| N.3 | 1,13 Un (264,5 V) | V rámci testu 10 – min ochrany |

Grafy:



Obr.10.2: Křivka ORVT 1,23 U_n po dobu 50 ms



Obr.10.3: Křivka ORVT 1,18 U_n po dobu 4,5 s

10.3. Výsledek:

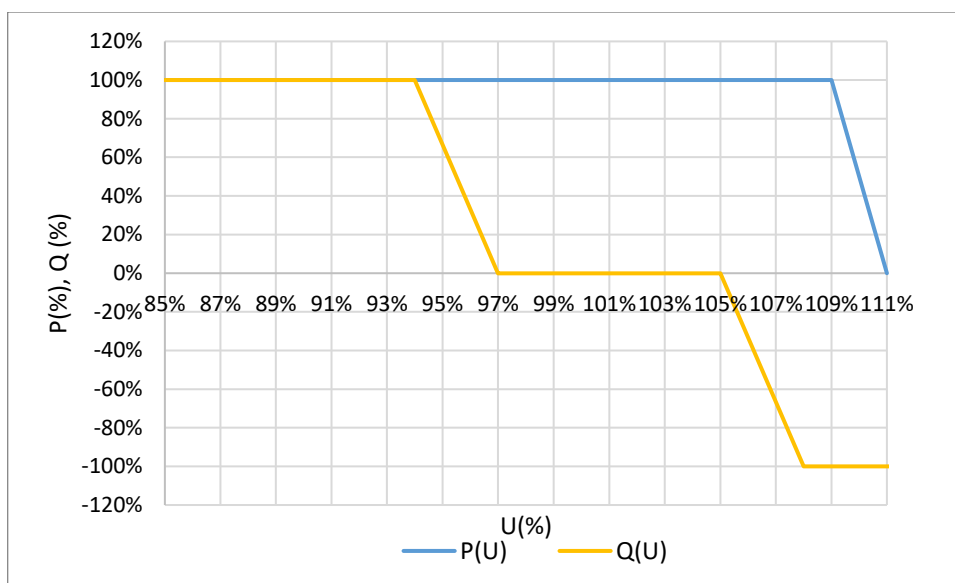
| Pokles | Vyhovující | Celkové hodnocení |
|--------|------------|-------------------|
| N.1 | ANO | ANO |
| N.2 | ANO | |
| N.3 | ANO | |

11. Funkce P(U) a Q(U)

Legislativa: PPDS – kap.9.3.5 a kap.9.4.2, návaznost: RfG -, EN50549 – kap.4.7.3 a kap.4.7.2.3.3

11.1. Požadavek

Výrobný připojené přes střídač k DS na hladině NN musí disponovat funkcí P(U). Regulační působení funkce P(U) požadováno společností EG.D je zobrazeno na následujícím obrázku (*obr.12.1*). Dále musí být výrobná schopna pracovat charakteristikou Q(U) (*obr.12.1*), která musí být plně nastavitelná. Nastavení Q(U) odpovídá požadavkům EG.D.



Obr.11.1: P(U) a Q(U) křivky požadovány EG.D

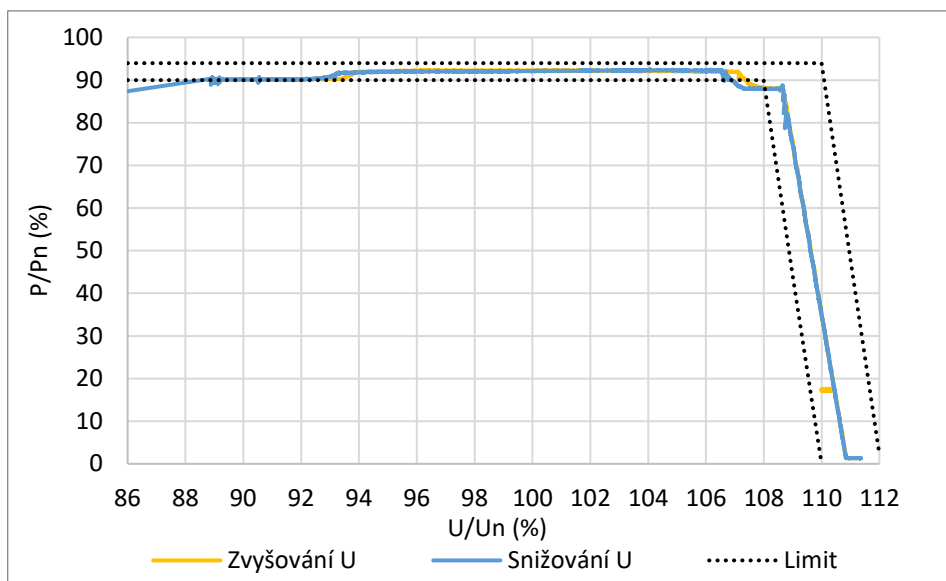
11.2. Průběh zkoušky:

Defaultní nastavení Q(U) křivky PPDS nenařizuje, ale umožňuje plné nastavení dle požadavků jednotlivého provozovatele DS.

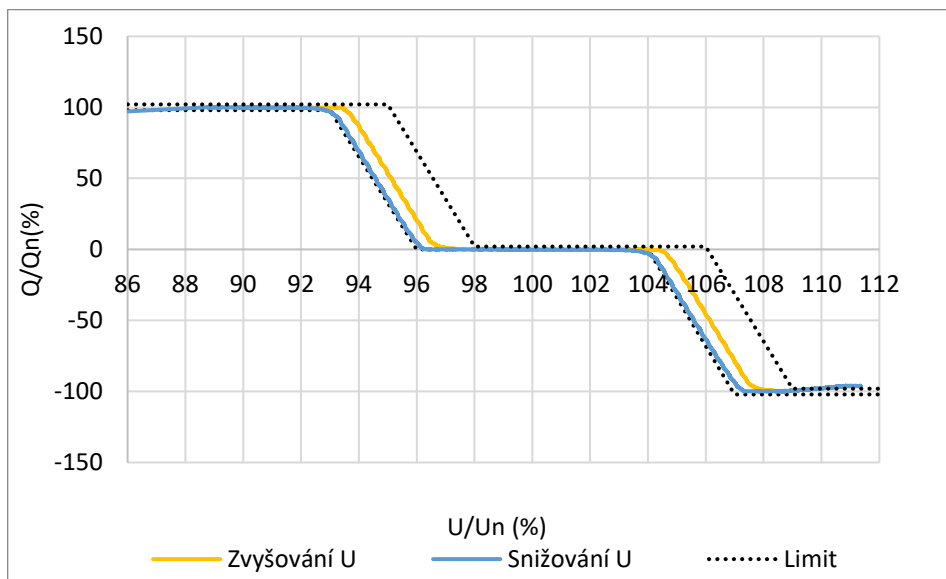
Křivka P(U) (*obr.11.2*) a křivka Q(U) (*obr.11.3*) jsou ověřovány postupným zvyšováním napětí z hodnoty 86 % Un na 112 % Un a zpět.

Na *obr.11.4* je zkoušeno dynamické chování jalového výkonu Q při skokové změně napětí U. Jalový výkon Q se zvětšuje s exponenciálním průběhem s časovou konstantou $\tau = 20$ sekundám.

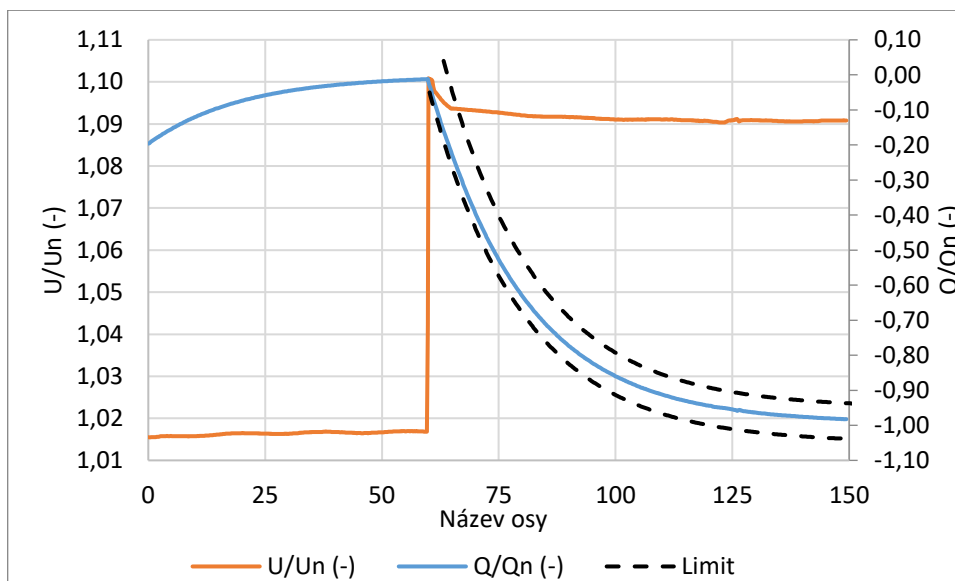
Grafy:



Obr.11.2: $P(U)$ – vyhodnocení



Obr.11.3: $Q(U)$ – vyhodnocení



Obr.11.4: Dynamická odezva jalového výkonu Q na skokovou změnu napětí U

11.3. Výsledek:

| Test | Vyhovující | Celkové vyhodnocení |
|--------------------|------------|---------------------|
| Křivka P(U) | ANO | ANO |
| Křivka Q(U) | ANO | |
| Dynamická odezva Q | ANO | |

12. Ochrany

Nastavení vychází ze SoP (smlouva o připojení) společnosti EG.D

12.1. Požadavek:

Nastavení prahových hodnot a zpoždění pro testování, uvádí tabulku níže (tab.12.1)

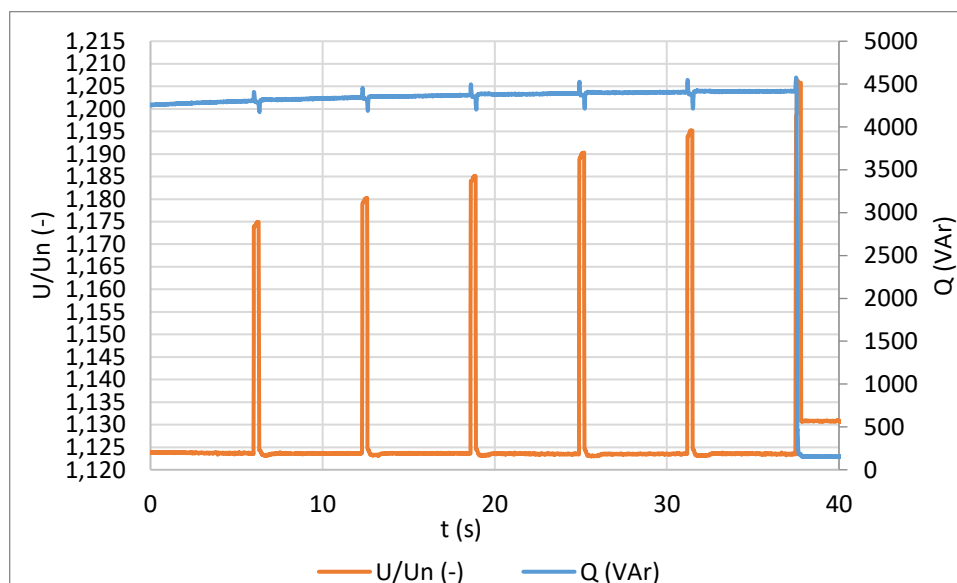
Tab.12.1: Nastavení ochran

| Funkce | | Nastavení pro vypnutí | Zpoždění [s] |
|----------------------------------|-------|-----------------------|--------------|
| Nadpětí 3. stupeň | U >>> | 1,2 Un | 0,1 |
| Nadpětí 2. stupeň | U >> | 1,15 Un | 5 |
| Nadpětí 1. stupeň ⁽¹⁾ | U > | 1,11 Un | 0 |
| Podpětí 1. stupeň | U < | 0,7 Un | 2,7 |
| Podpětí 2. stupeň | U << | 0,45 Un | 0,2 |
| Nadfrekvence | | 51,5 Hz | 0,1 |
| Podfrekvence | | 47,5 Hz | 0,1 |

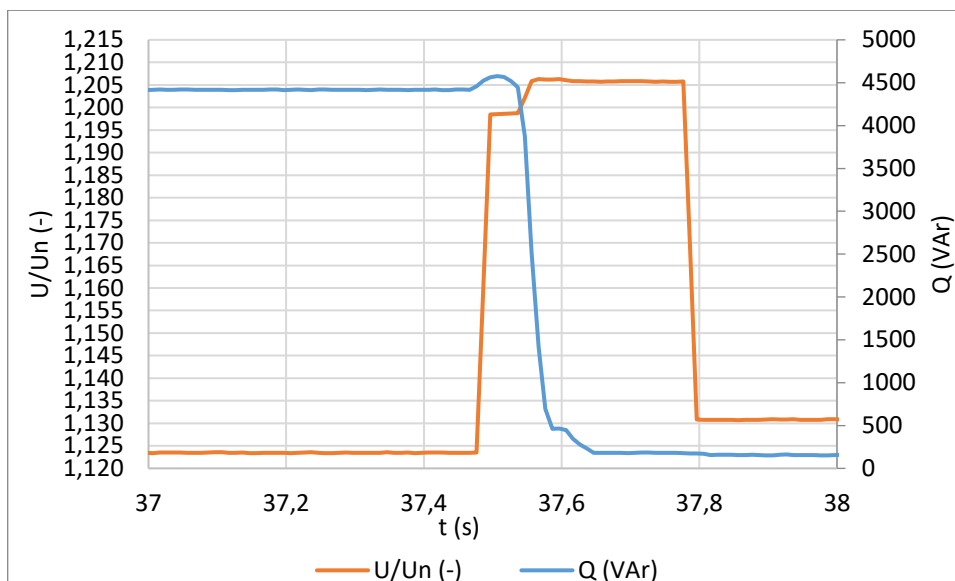
⁽¹⁾ Pokud nelze nastavit 1. nadpětí ochrana na desetiminutový průměr, tak je nastavena na 1,11 Un se zpožděním 60 s.

12.2. 3° nadpětí ochrany

Jako první ochrana je otestován 3° nadpětí ochrany. 3° nadpětí ochrana je testován impulzní rampou, kdy se napatí zvětšuje od hodnoty 1,18 Un po 0,05 Un až do doby vybavení ochrany.



Obr.12.1: 3. stupeň nadpětí ochrany – impulzní rampa

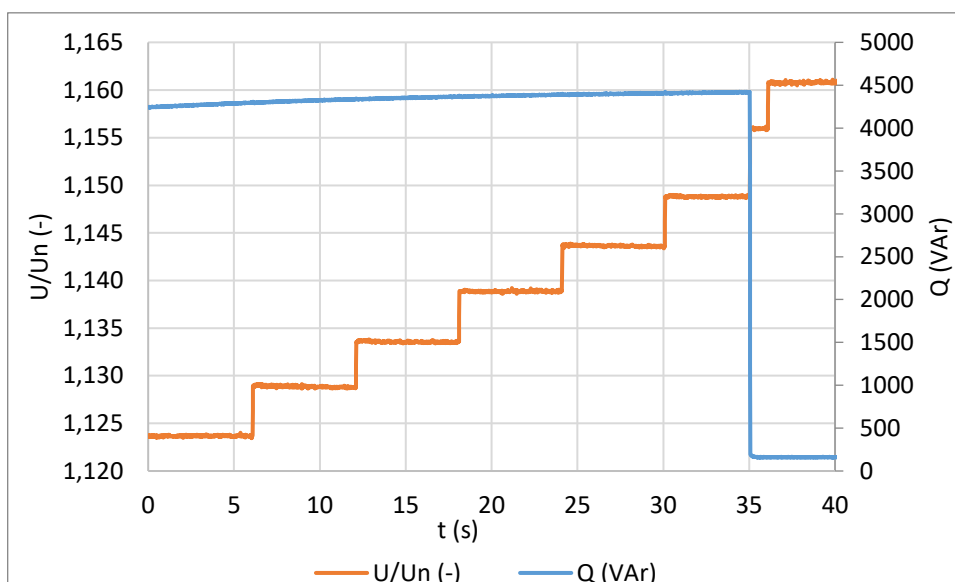


Obr.12.2: 3. stupeň nadpětové ochrany – detail

12.3. 2° nadpětové ochrany

2° stupeň nadpětové ochrany, má nastavené vybavení po 5 sekundách, pokud je napětí větší než 1,15 Un. Pro zkoušku tohoto stupně je schodovou rampou zvyšováno napětí z 1,18 Un po 0,05 Un až do vybavení ochrany.

Grafy:

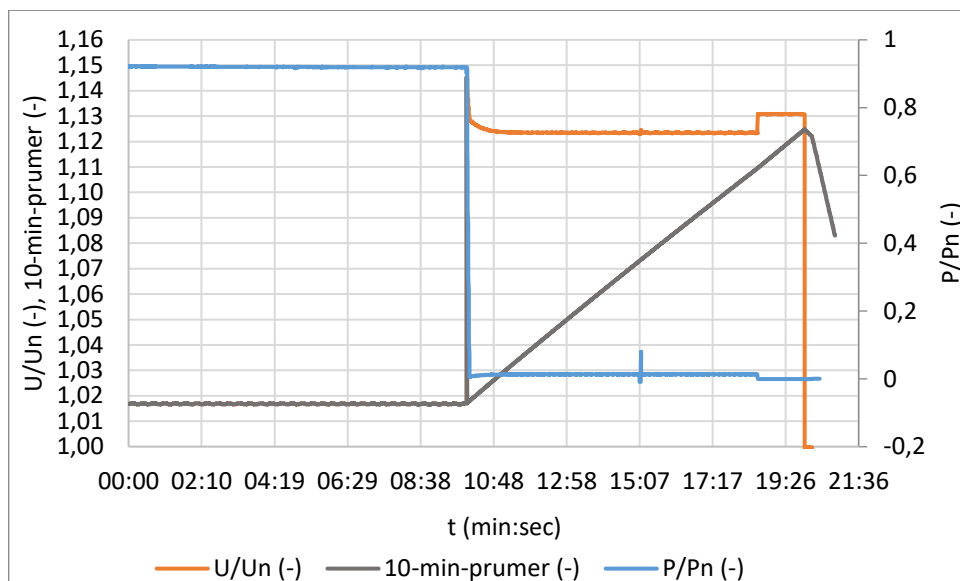


Obr.12.3: 2. stupeň nadpětové ochrany – schodová rampa

12.4. 1° nadpětové ochrany – 10 – min ochrana

1° stupněm nadpětové ochrany je ochrana fungující na principu 10 minutové střední hodnoty. Pokud je tedy v posledních 10 minutách střední hodnota napětí vyšší než 1,11 Un, ochrana musí vybavit. Z průběhu (*obr.12.4*) je zřejmé, že k odpojení střídače od umělé DS došlo při střední hodnotě 1,11 Un. Nejistota může být ±46,5 sekundy, v tomto případě je nejistota měření 0 sekund. Toto zafungování je vyhovující. U této zkoušky je zároveň otestován 3 stupeň křivky OVRT, který je vyhovující.

Grafy:

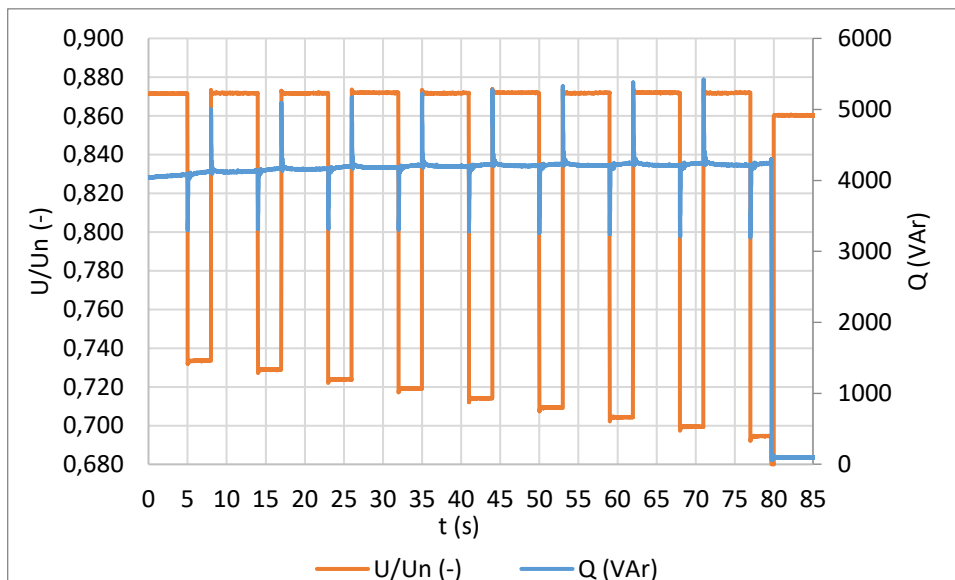


Obr.12.4: 10 min ochrana

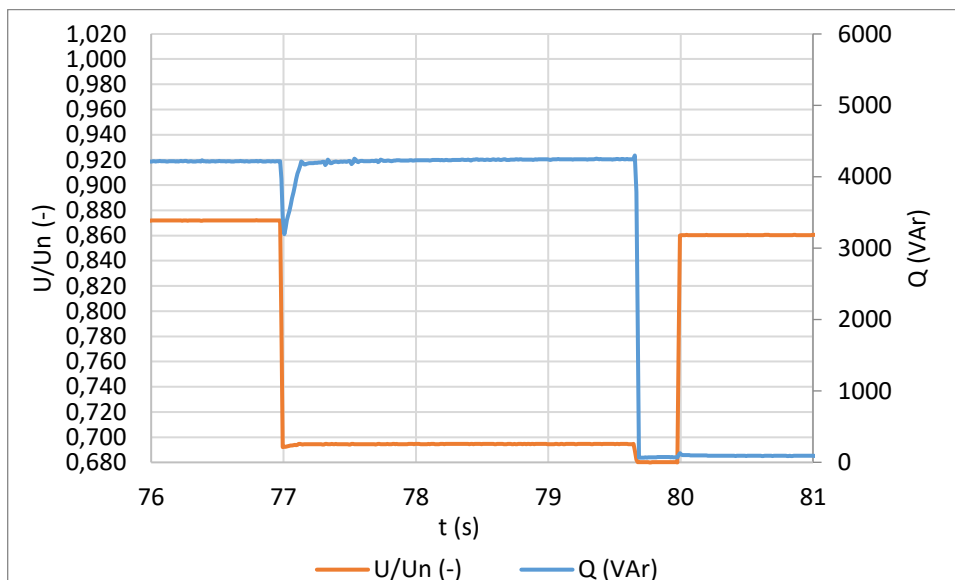
12.5. 1° podpětové ochrany

1° podpětová ochrana je testován impulzní rampou, kdy se napětí zmenšuje od hodnoty 0,72 Un po 0,05 Un až do doby vybavení ochrany.

Grafy:



Obr.12.5: Podpětová ochrana 1.stupeň

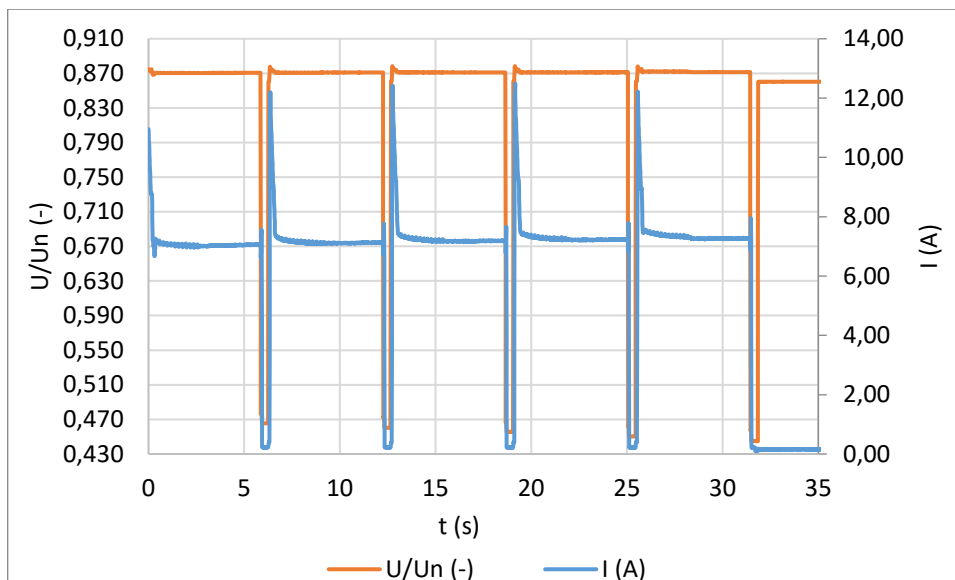


Obr.12.6: Podpětová ochrana 1. stupeň – detail

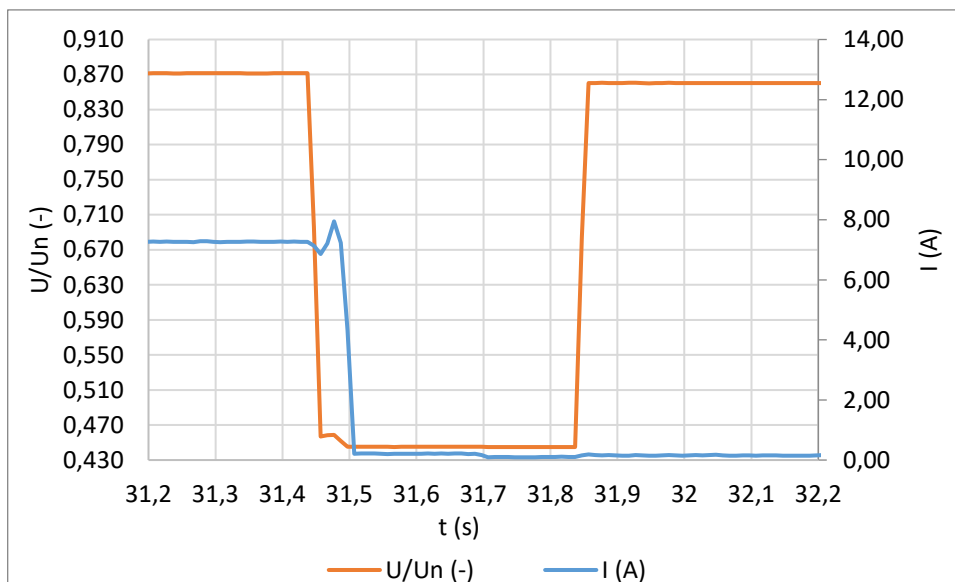
12.6. 2° podpětové ochrany

2° podpětové ochrana je testován impulzní rampou, kdy se napětí zmenšuje od hodnoty 0,47 Un po 0,05 Un až do doby vybavení ochrany.

Grafy:



Obr.12.7: Podpětová ochrana 2.stupeň

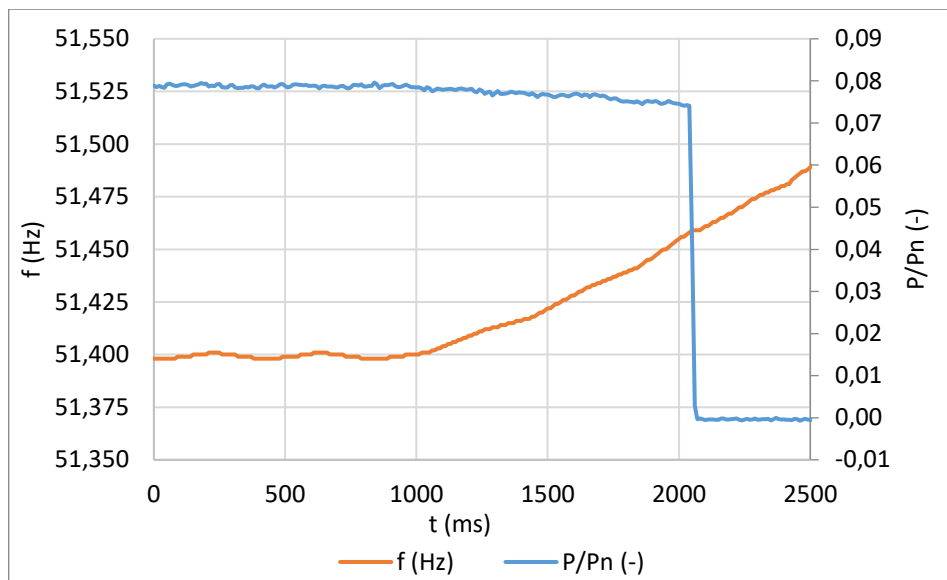


Obr.12.8: Podpětová ochrana 2.stupeň – detail

12.7. Nadfrekvenční ochrana

Nadfrekvenční ochrana (*obr.12.9*) je testována schodovou rampou, startuje se na frekvenci 51,4 Hz a s krokem 25 mHz je frekvence zvyšována až do vybavení ochrany.

Grafy:

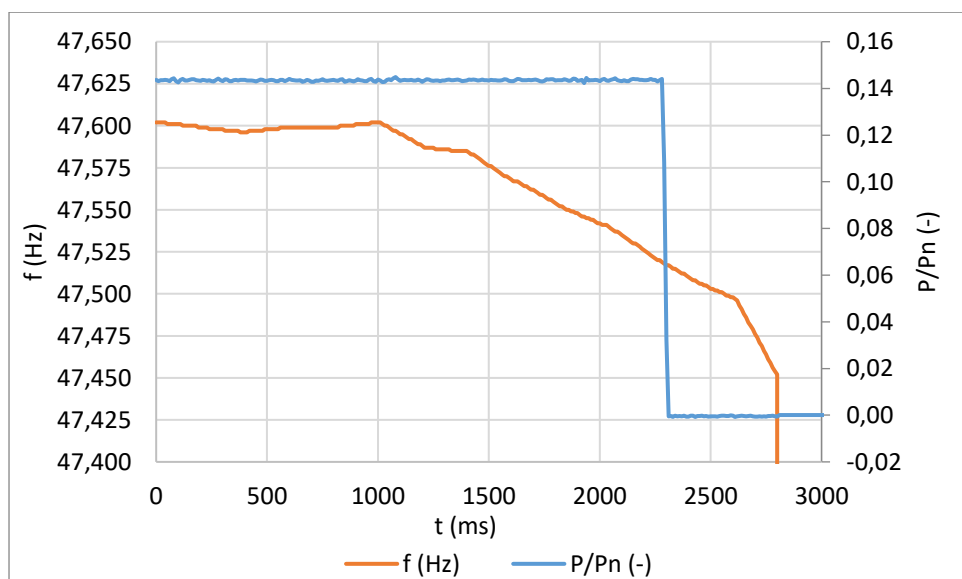


Obr.12.9: Nadfrekvenční ochrana

12.8. Podfrekvenční ochrana

Podfrekvenční ochrana (*obr.12.10*) je testována schodovou rampou, startuje se na frekvenci 47,4 Hz a s krokem 25 mHz je frekvence snižována až do vybavení ochrany.

Grafy:



Obr.12.10: Podfrekvenční ochrana

12.9. Výsledek:

Tab.12.2: Výsledky měření ochran

| Název | Prahová hodnota | Prahová hodnota -naměřená | Nastavení | Vybavení | Nejistota | Vyhovuje |
|---------------|-----------------|---------------------------|---------------|----------|-----------|----------|
| 3° nadpětová | 1,2 Un | 1,2 Un | 100 ms | 150 ms | + 0,2 s | ANO |
| 2° nadpětová | 1,15 Un | 1,149 Un | 5 s | 4,96 s | + 0,2 s | ANO |
| 10min ochrana | 1,11 Un | 1,11 Un | 10 min průměr | 0 s | ± 46,5 s | ANO |
| 1° podpětová | 0,7 Un | 0,695 Un | 2,7 s | 2,69 s | + 0,2 s | ANO |
| 2° podpětová | 0,45 Un | 0,445 Un | 0,2 s | 0,21 s | + 0,2 s | ANO |
| Nadfrekvenční | 51,5 Hz | 51,45 Hz | 100 ms | 120 ms | + 0,2 s | ANO |
| Podfrekvenční | 47,5 Hz | 47,525Hz | 100 ms | 100 ms | + 0,2 s | ANO |

Závěr

V předkládané technické zprávě byly ověřeny funkce kladené na VM typu A1 PPDS a interními připojovacími podmínkami společnosti EG.D. Výsledky všech testů jsou uvedeny v technické zprávě.

Střídač je z pohledu testování vyhovující.

Typ: Growatt SPH10000TL3 BH-UP
Verze FW: YBAA050510
Sériové číslo: AEH0A5100C
Country setup: Czech republic
Technická zpráva: EGD2024-Z015

Příloha



Příloha č.1 – Nastavení střídače

| Název | Detail | Testovací (Požadované) | Jednotky |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Frekvenční stabilita | Schopnost střídače – nenastavuje se | | |
| RoCoF | | | |
| Snížení činného výkonu při nadfrekvenci | Prahová frekvence | 50.2 | Hz |
| | Statika | 5 | % |
| | Návratová frekvence | 50,05 | Hz |
| | Návratový gradient | 10 | %/min |
| Snížení činného výkonu při podfrekvenci | Schopnost střídače - nenastavuje se | | |
| Logický modul pro omezení dodávky | | | |
| Automatické připojení | Horní mez napětí | 1,1 | Un |
| | Dolní mez napětí | 0,85 | Un |
| | Horní mez frekvence | 50,05 | Hz |
| | Dolní mez frekvence | 47,5 | Hz |
| | Doba analýzy sítě | 300 | s |
| | Gradient | 600 (10) | $\frac{s}{(\%/min)}$ |
| Napěťová stabilita | Schopnost střídače - nenastavuje se | | |
| UVRT | Mělo by se jednat o odolnost střídače, která by se neměla nikterak nastavovat | | |
| OVRT | | | |
| Křivka P(U) | Napětí - 1 | 0,85 | Un |
| | Dodávka činného výkonu - 1 | 100 | % |
| | Napětí - 2 | 1,0 | Un |
| | Dodávka činného výkonu - 2 | 100 | % |
| | Napětí - 3 | 1,09 | Un |
| | Dodávka činného výkonu - 3 | 100 | % |
| | Napětí - 4 | 1,11 | Un |
| | Dodávka činného výkonu - 4 | 0 | % |
| Časová konstanta 3τ | 15 | s | |
| Křivka Q(U) | Napětí - 1 | 0,94 | Un |
| | Dodávka jalového výkonu - 1 | 100 | % |
| | Napětí - 2 | 0,97 | Un |
| | Dodávka jalového výkonu – 2 | 0 | % |
| | Napětí - 3 | 1,05 | Un |
| | Odběr jalového výkonu - 3 | 0 | % |
| | Napětí - 4 | 1,08 | Un |
| | Odběr jalového výkonu - 4 | -100 | % |
| Časová konstanta 3τ | 60 | s | |

| | | | |
|------------------------------------|---------------------------|------|----|
| Nadpětí 3. stupeň | Prahová hodnota napětí | 1,2 | Un |
| | Zpoždění | 0,1 | s |
| Nadpětí 2. stupeň | Prahová hodnota napětí | 1,15 | Un |
| | Zpoždění | 5 | s |
| Nadpětí 1. stupeň - 10 min ochrana | Prahová hodnota napětí | 1,11 | Un |
| Podpětí 1.stupeň | Prahová hodnota napětí | 0,7 | Un |
| | Zpoždění | 2,7 | s |
| Podpětí 2.stupeň | Prahová hodnota napětí | 0,45 | Un |
| | Zpoždění | 0,2 | s |
| Nadfrekvence | Prahová hodnota frekvence | 51,5 | Hz |
| | Zpoždění | 0,1 | s |
| Podfrekvence | Prahová hodnota frekvence | 47,5 | Hz |
| | Zpoždění | 0,1 | s |