

Technická zpráva pro fotovoltaický střídač EGD2023-Z004

Growatt MOD 10KTL3-XH(BP)

Platné pro řadu:

MOD 3000TL3-XH(BP)

MOD 4000TL3-XH(BP)

MOD 5000TL3-XH(BP)

MOD 6000TL3-XH(BP)

MOD 7000TL3-XH(BP)

MOD 8000TL3-XH(BP)

MOD 9000TL3-XH(BP)

MOD 10KTL3-XH(BP)

eg·d

ČLEN SKUPINY E.ON

Typ: Growatt MOD 10KTL3-XH(BP)
Verze FW: Dnaa925100
SN: CZMOCJNO16
Country setup: Czech republic
Technická zpráva: EGD2023-Z004

Informace - střídač

Výrobce: Growatt

Typ: MOD 10KTL3-XH(BP)

Výkon: 11000 VA

Vstupní parametry DC: 140-1000 V (580 V); 13/26 A (16/32 A I_{sc})

Výstupní parametry AC: 230 V/ 50 Hz; 11000 VA (10000 W)

Účinník: 0,8_{ind} – 0,8_{kap}

Fáze: 3f

Hybridní: ANO

Nastavený grid code: Czech republic

Poznámka:



Datum vystavení technické zprávy: 31.10.2023

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

Vedoucí pracoviště: Ing. Martin Kurfiřt, martin.kurfirt@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 rampu2 Hz/s	ANO
	PPDS	9.1.1				
Snížení činného výkonu při nadfrekvenci	RfG	čl. 13.2	3	Statika s - 5 %	100 % Pn –5 % - Ok 50 % Pn – 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	Čas snížení činného výkonu na 0 % do 5 sekund	ANO
	PPDS	5.1				
Automatické opětovné připojení VM	RfG	čl. 13.7	6	Gradient P – 10 %/min	9,91-9,95 % Pn/min	ANO
	PPDS	9.5		Čas analýzy – 300 s	321-323 s	
				Připojení mimo rozsah	NE	
Snížení činného výkonu při nadfrekvenci	PPDS	9.3.1	3	Prahová frekvence pro obnovu činného výkonu 50,05 Hz	Setrvání na nejnižším výkonu při regulaci	ANO
				Gradient nárůstu činného výkonu	ANO	
Ověření jmenovitého výkonu	PPDS	2	7	Sn = 10000 VA Pn (cosφ =1) =10000 W	Naměřeno 9,9 kW	ANO
Napěťová stabilita	PPDS	9.1.2	8	Trvalý provoz 0,85 -1,1 Un	0,86 Un – 10 min OK	ANO
					1,09 Un – 10 min OK	
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	Odpovídá nastavení	ANO
Funkce Q(U)	PPDS	9.4.2	11	Nastaveno dle EG.D	Odpovídá nastavení	ANO
				Odezva Q na změnu U τ = 20 s	Naměřené τ = 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 MOD 10KTL3-XH(BP)
Verze FW: Dnaa925100
SN: CZMOCJNO16
Country setup: Czech republic
Technická zpráva: EGD2023-Z004

Informace - testy

Počet provedených testů: 12

Vyhovělo: 12

Nevyhovělo: 0

Neprovedeno: 0

Celkové hodnocení střídače: 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.....	16
5. Logický modul pro přerušení dodávky činného výkonu	18
6. Automatické opětovné připojení k soustavě.....	19
7. Ověření jmenovitého výkonu střídače	21
8. Napěťová stabilita.....	22
9. Překlenutí podpětí – křivka UVRT.....	23
11. Překlenutí přepětí – křivka OVRT	25
12. Funkce P(U) a Q(U)	27
13. Ochrany	30
Závěr	36
Příloha.....	38

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 akumulčních zařízení se sítí provozovatele distribučních soustav

Interní připojovací podmínky společnosti EG.D

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

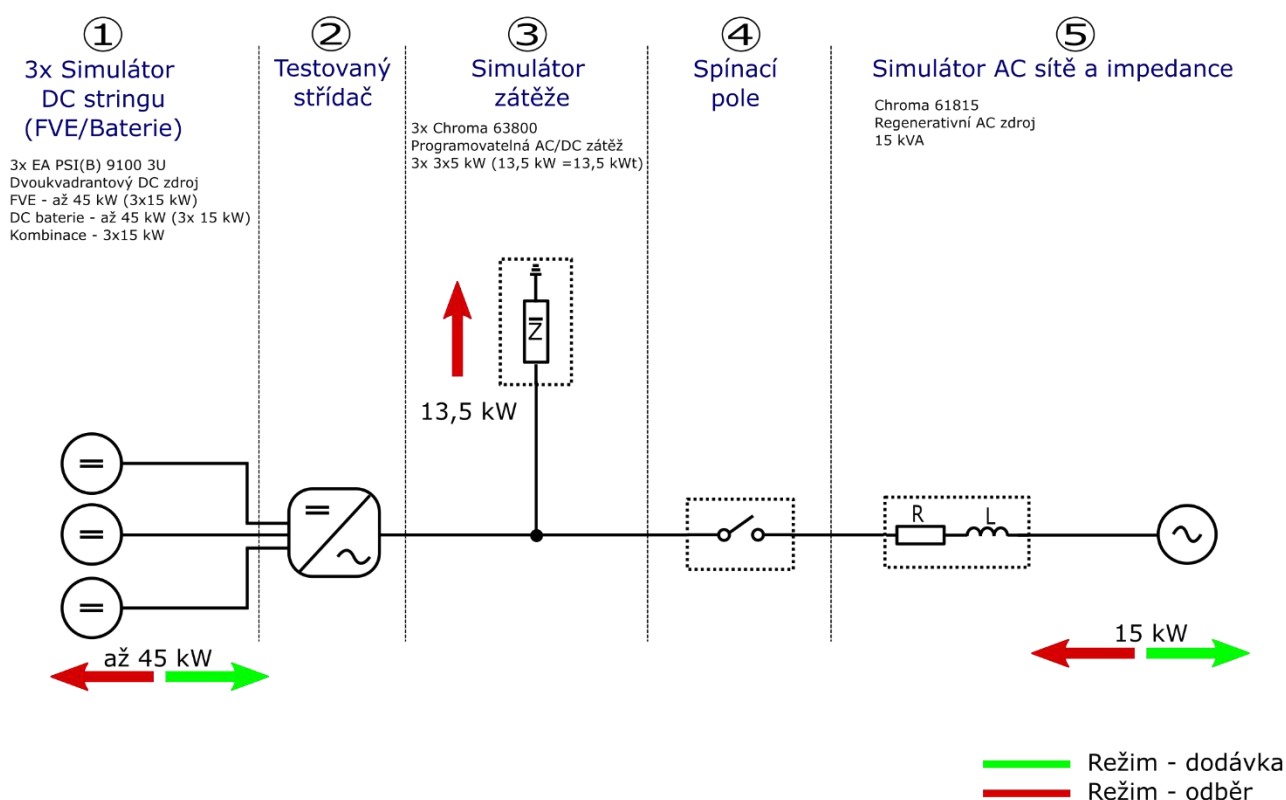
EN 50549 - Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks
- Part 1: Connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type B

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}). Stejnosměrný 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:

$P_n - 10000 \text{ W pro } \cos\phi = 1$

$Q_n - 4794 \text{ VAr pro } Q(U) \text{ křivku}$

$U_n - 230 \text{ V}$

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:

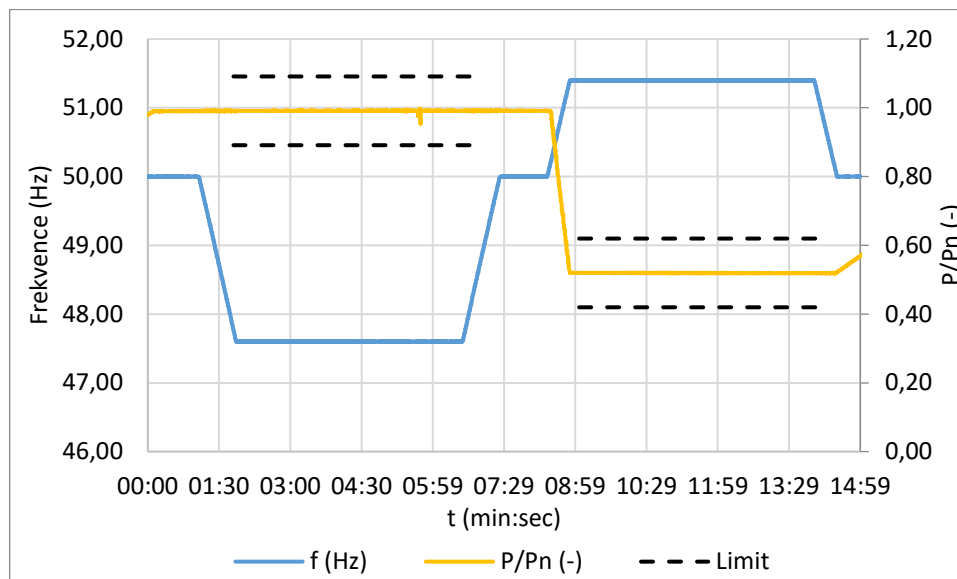
Střídač je připojen k umělé DS. Před spuštěním zkoušecí sekvence byl střídač ponechán na jmenovitých hodnotách napětí a frekvence po dobu 60 sekund. Poté došlo ke změně frekvence na hodnotu 47,6 Hz během 48 sekund. Tato frekvence je volena pro ověření nejnižšího frekvenčního rozsahu, který PPDS požaduje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

U střídače nesmí dojít v průběhu testu k odpojení. Pokud se u střídače vyskytnou 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.

Tento požadavek je střídačem splněn.

Grafy:



Obr.1.1: Frekvenční stabilita

1.3. Výsledek:

Testovaný rozsah:

- 47,6 Hz po dobu min 5 min → ANO
- 51,4 Hz po dobu min 5 min → ANO

Vyhovující: ANO

2. Časová změna frekvence RoCoF

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

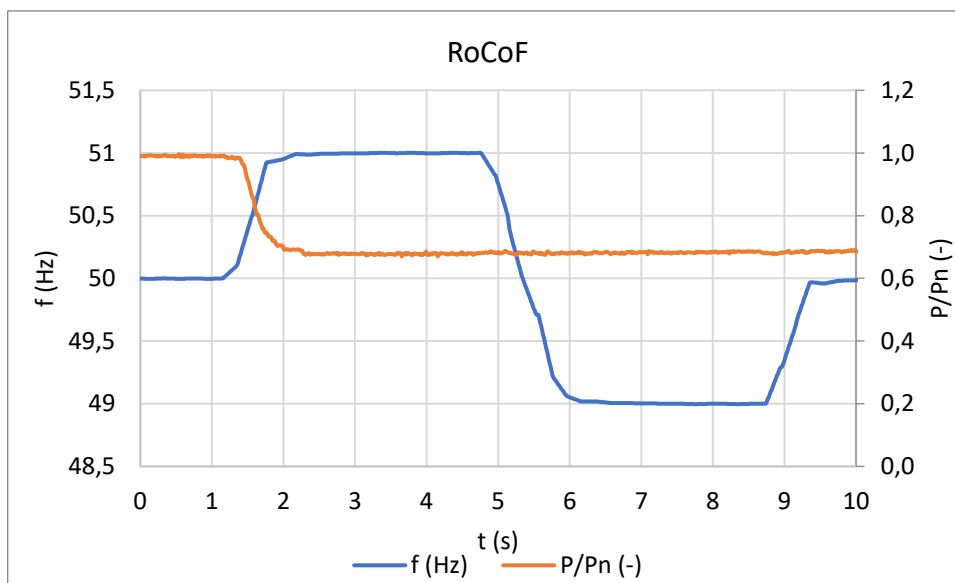
2.1. Požadavek:

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*. Střídač ustál všechny změny frekvence tak, že nedošlo o odpojení od DS.

Grafy:



Obr.2.1: RoCoF

2.3. Výsledek:

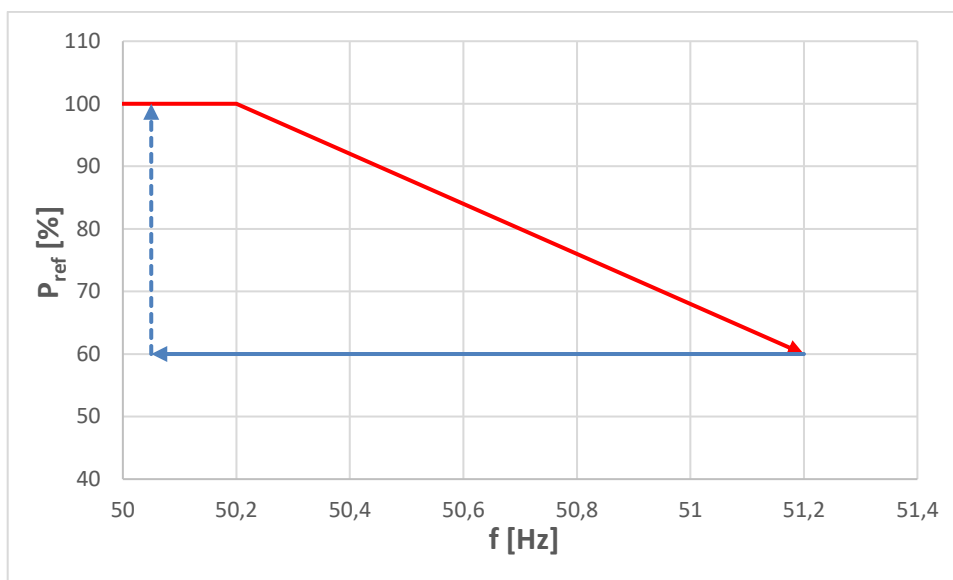
Vyhovuje: ANO

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 %. K regulaci musí dojít do 2 sekund. 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:

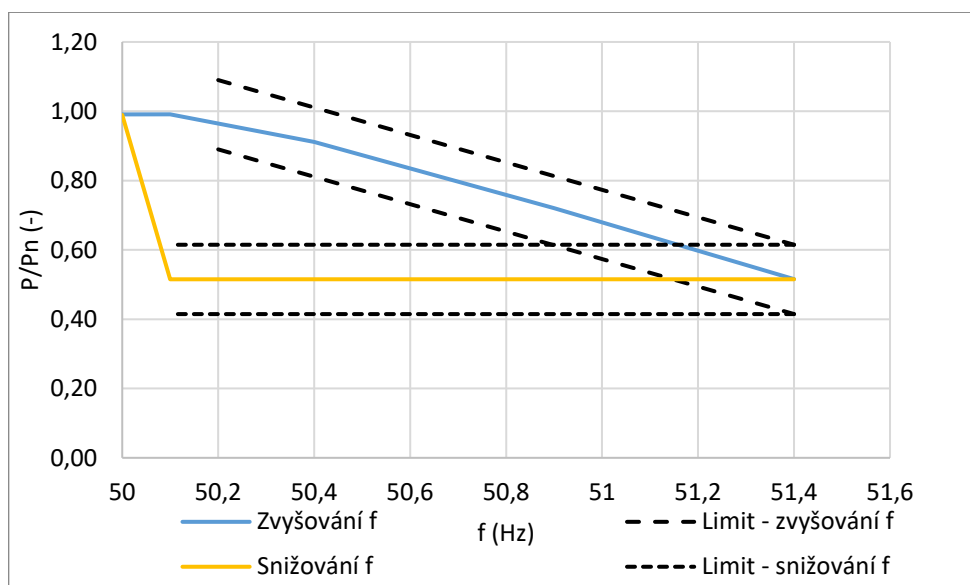
Na AC simulátoru je zvyšována frekvence skokově 50-50,1-50,4-50,9-51,4 Hz a zpět, vždy po jedné minutě.

Nejdříve je zkouška prováděna na 100 % P_n (*obr.3.2*). Od prahové frekvence 50,2 Hz dochází k zahájení snižování činného výkonu se zvyšující se frekvencí. Snižování probíhá se statikou 5 % (dopočtená hodnota). Při návratu frekvence z hodnoty 51,4 Hz zpět na jmenovitou hodnotu 50 Hz, dochází k udržení konstantní dodávky činného výkonu, dle požadavku.

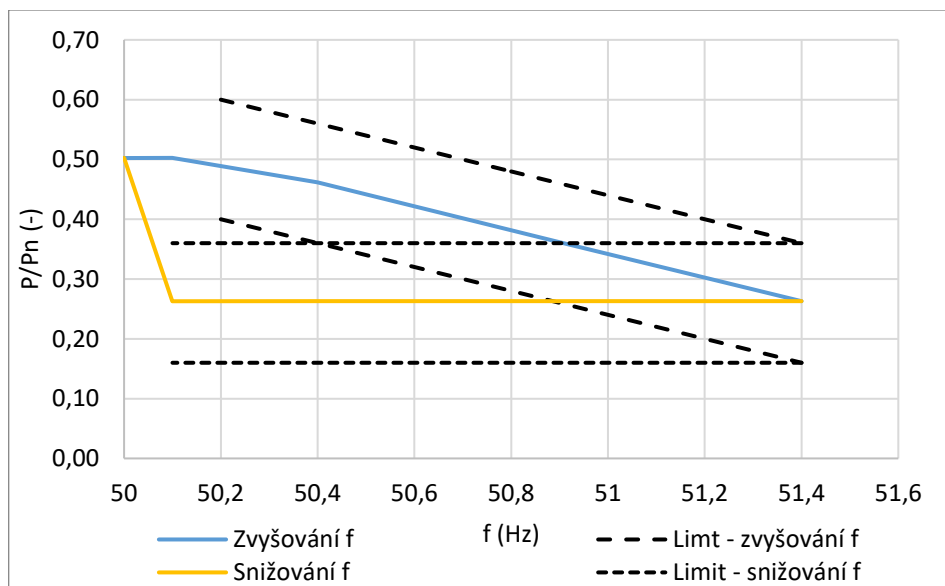
Dále je zkouška prováděna na 50 % P_n (*obr.3.3*). Od prahové frekvence 50,2 Hz dochází k zahájení snižování činného výkonu se zvyšující se frekvencí. Snižování probíhá se statikou 5,04 % (dopočtená hodnota). Při návratu frekvence z hodnoty 51,4 Hz zpět na jmenovitou hodnotu 50 Hz je dodržena návratová frekvence, do které by měl střídač setrvat na nejnižším dosaženém výkonu při regulaci

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.

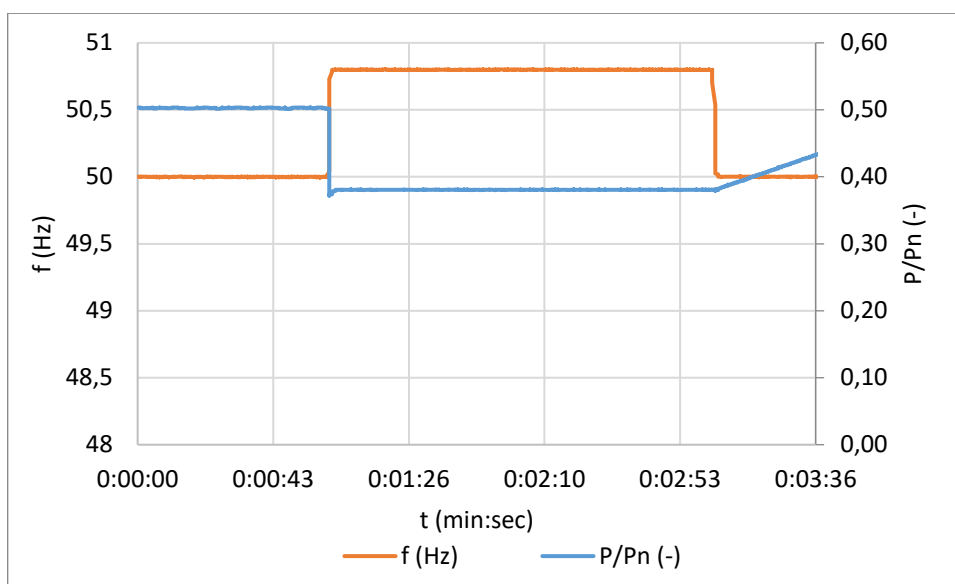
Grafy:



Obr.3.2: $P(f)$ křivka při nadfrekvenci – 100 % výkonu



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



Obr.3.4: $P(f)$ křivka při nadfrekvenci – zvýšení dostupného výkonu na DC straně

3.3. Výsledek:

Tab.3.1: Výsledná tabulka – 100 % P_n .

Výsledná tabulka – 100 %	
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)
50	9910.5
50.1	9911.6
50.4	9113.1
50.9	7199.6
51.4	5155.7
50.9	5153.6
50.4	5153.3
50.1	5151.8
50	9894.5
Statika (%)	5

Tab.3.1: Výsledná tabulka – 50 % P_n .

Výsledná tabulka – 50 %	
Frekvence (Hz)	Činný výkon (-)
50	5025.0
50.1	5026.3
50.4	4615.2
50.9	3613.5
51.4	2629.8
50.9	2629.0
50.4	2629.4
50.1	2628.7
50	5027.0
Statika (%)	5,04

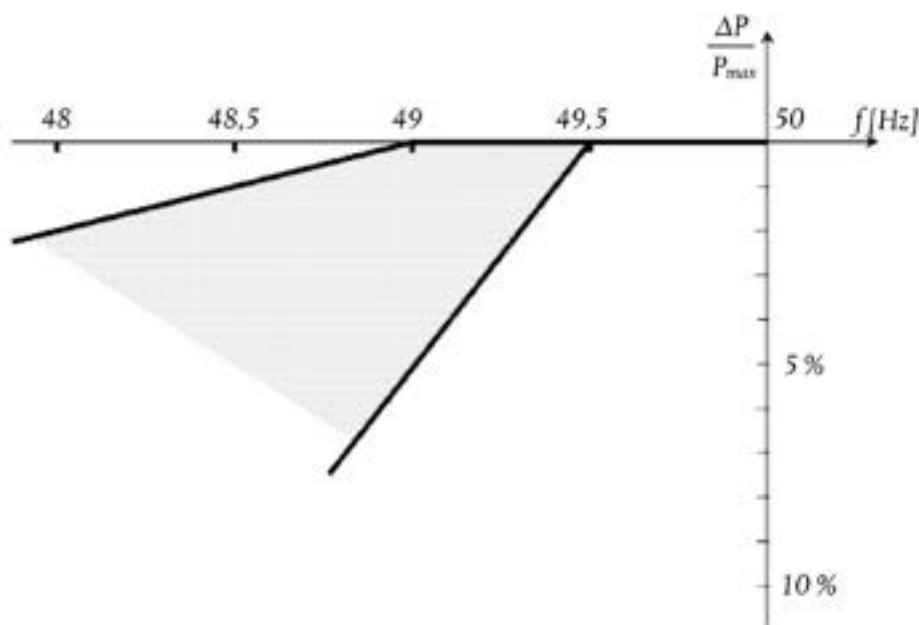
Vyhovující: ANO

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.

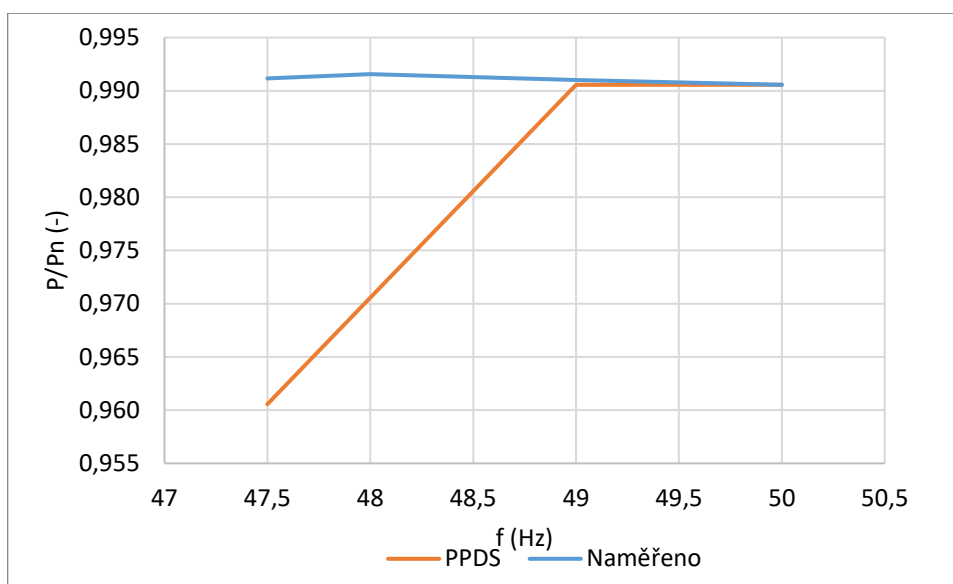


Obr.4.1: Regulační oblast pro snížení činného výkonu při podfrekvenci

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.

Grafy:



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

4.3. Výsledek:

Maximální dovolený pokles činného výkonu:

Maximální: 2 %/Hz pod 49 Hz

Naměřený: 0 %/Hz

Vyhovující: 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 pinů 11 a 15 došlo ke snížení výkonu na 0 % do 5 sekund. Po rozepnutí dochází k nárůstu výkonu s gradientem 10 %/min

5.3. Výsledek:

Vyhovující: NEHODNOCENO

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 střídač 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

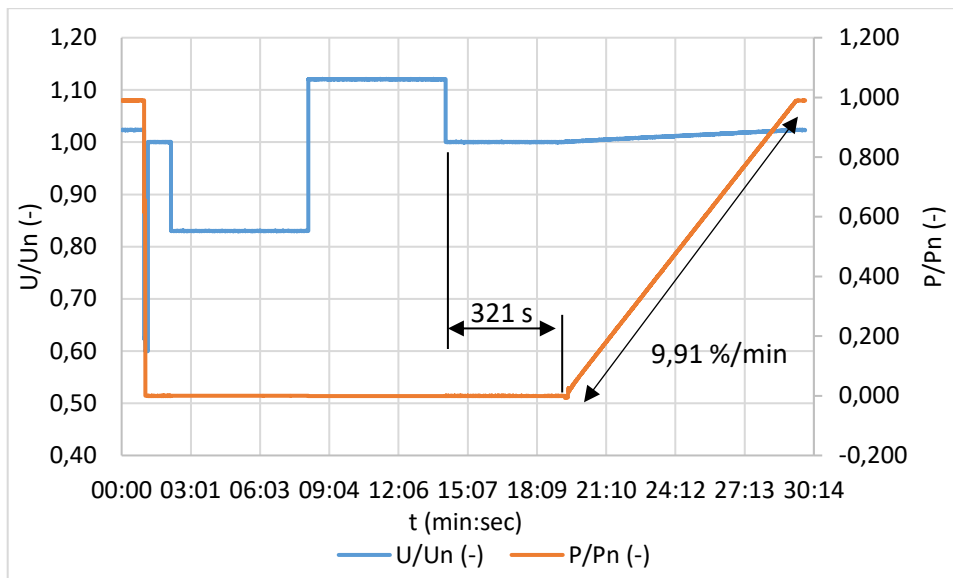
V případě, že není střídač schopen splnit bod 2., může se po předchozí koordinaci s PDS připojit v intervalu 0-20 min.

6.2. Průběh zkoušky

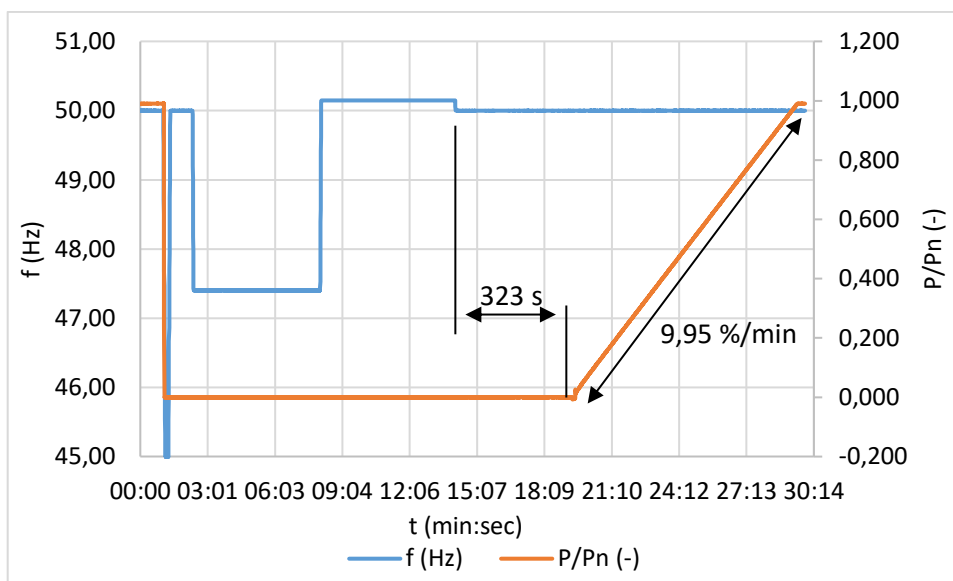
Střídač je uveden do provozu a před spuštěním zkoušecí sekvence je na dobu 60 sekund provozován na jmenovitých parametrech napětí a frekvence. Střídač je od umělé DS odpojen pomocí poruchy napěťového charakteru (*obr.6.1*) tím, že napětí je nastaveno na 0,6 U_n (138 V) po dobu 10 sekund. Poté je napětí 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. K začátku nárůstu činného výkonu došlo po 321 sekundách, tento čas odpovídá požadavkům PPDS přílohy 4. K nárůstu činného výkonu na 0,99 P_n došlo během 599 sekund. Gradient odpovídá 9,91 %/min.

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. Doba pro analýzu sítě byla 323 sekund a splňuje tak požadavek PPDS přílohy 4. K nárůstu činného výkonu na 0,99 P_n došlo během 597 sekund a gradient činil 9,95 %/min.

Grafy:



Obr.6.1: Automatické připojení – napětí



Obr.6.2: Automatické připojení – frekvence

6.3. Výsledek:

Doba analýzy sítě: 321-323 s

Gradient činného výkonu: 9,91-9,95 %/min

Připojení mimo dovolený rozsah: NE

Vyhovuje: 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:

Očekávaný maximální výkon: 9,9 kW (při $\cos\phi=1$)

Naměřený maximální výkon: 10 kW

Vyhovuje: ANO

8. Napěťová stabilita

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

8.1. Požadavek:

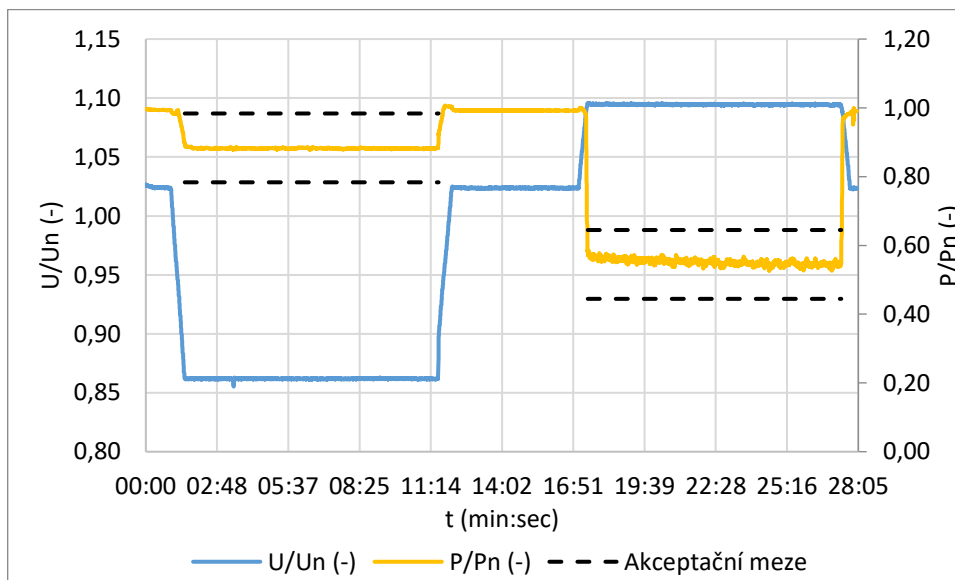
Střídač musí být schopen trvalého v provozu v napěťovém rozsahu $0,85 - 1,1 U_n$.

8.2. Průběh zkoušky:

Střídač je uveden do provozu při jmenovitých parametrech po dobu 60 sekund. Po ustálení všech parametrů střídače 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. Během této doby pracuje střídač stabilně. Po 10 minutách je test přerušen 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 během této doby střídač pracuje stabilně, ale objevují se výkonové kmity. Ty nepřekračují akceptační meze. Napětí je během 21 sekund vráceno na jmenovitou hodnotu.

Grafy:



Obr.8.1: Napěťová stabilita

8.3. Výsledek:

Testovaný rozsah:

- $0,86 U_n$ po dobu 10 minut → ANO
- $1,09 U_n$ po dobu 10 minut → ANO

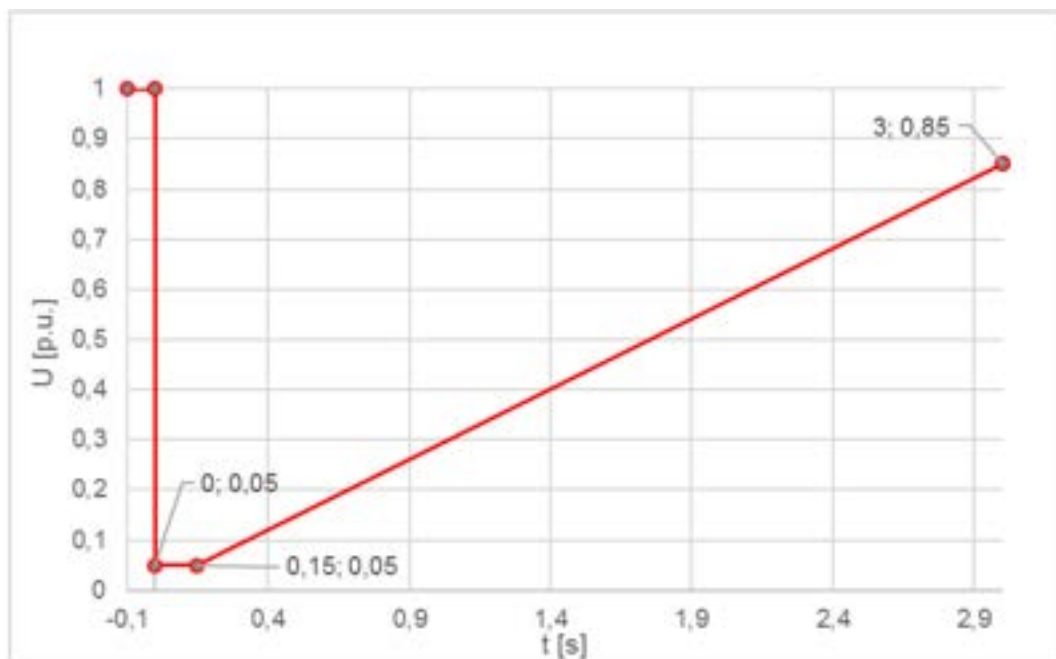
Vyhovující: ANO

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.



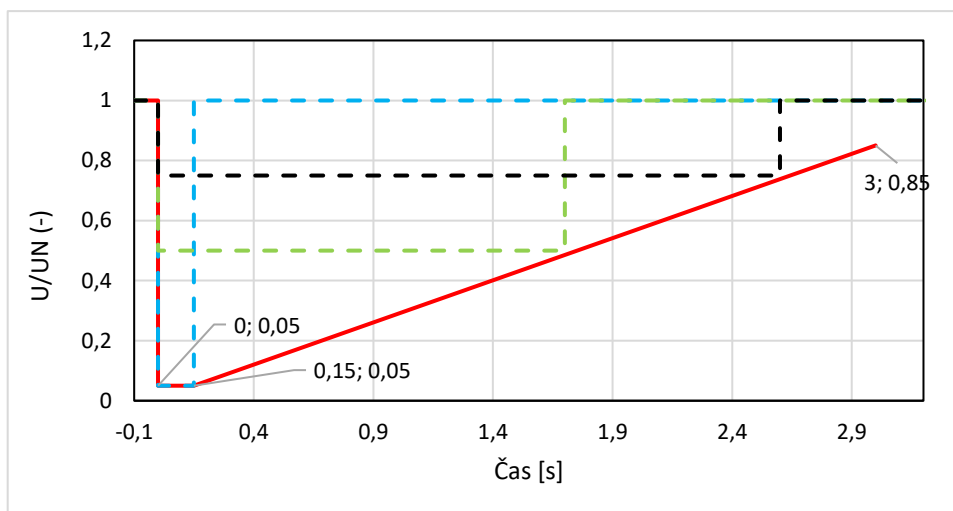
Obr.9.1: Křivka UVRT

9.2. Průběh zkoušky:

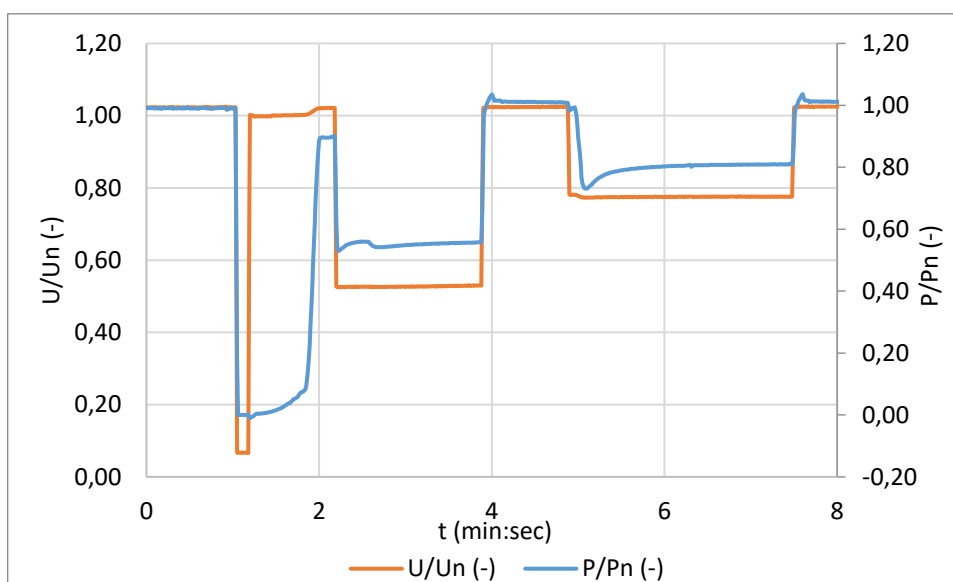
Střídač je uveden do provozu na požadovaný výkon. Po ustálení je spuštěna sekvence odpovídající obr.9.2. Jednotlivé poklesy jsou přiváděny AC vstup střídače po 1 sekundě. Pro splnění je potřeba tuto sekvenci překlenout 2x.

Testovaný střídač zvládl překlenout všechny napěťové poklesy (obr.9.3). Pro ověření bylo použito nejpřísnějšího nastavení zkoušky.

Grafy:



Obr.9.2: Křivka URVT – testovací sekvence



Obr.9.3: Křivka URVT – naměřeno

9.3 Výsledek:

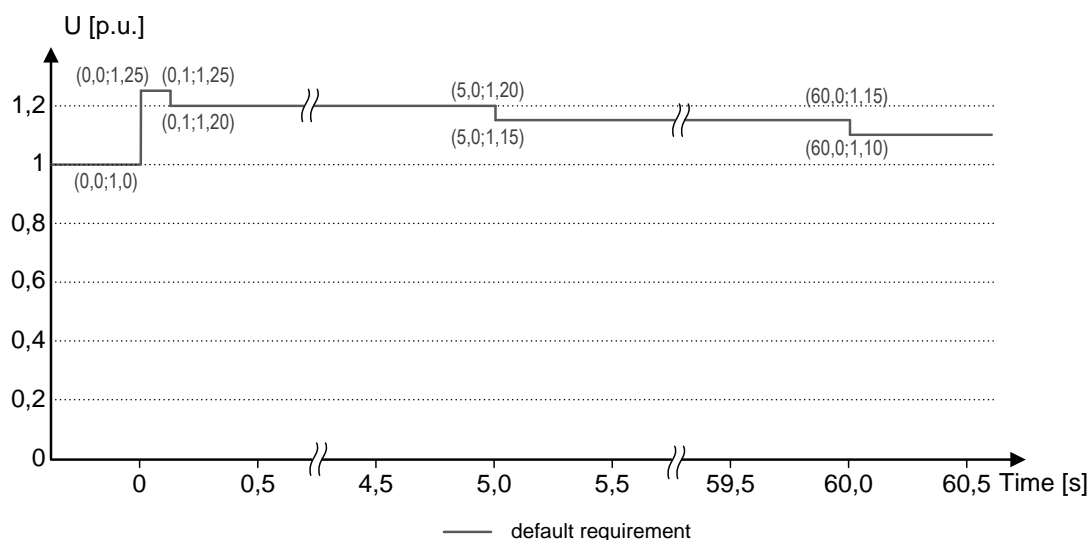
Vyhovující: ANO

10. Překlenutí přepětí – křivka ORVT

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

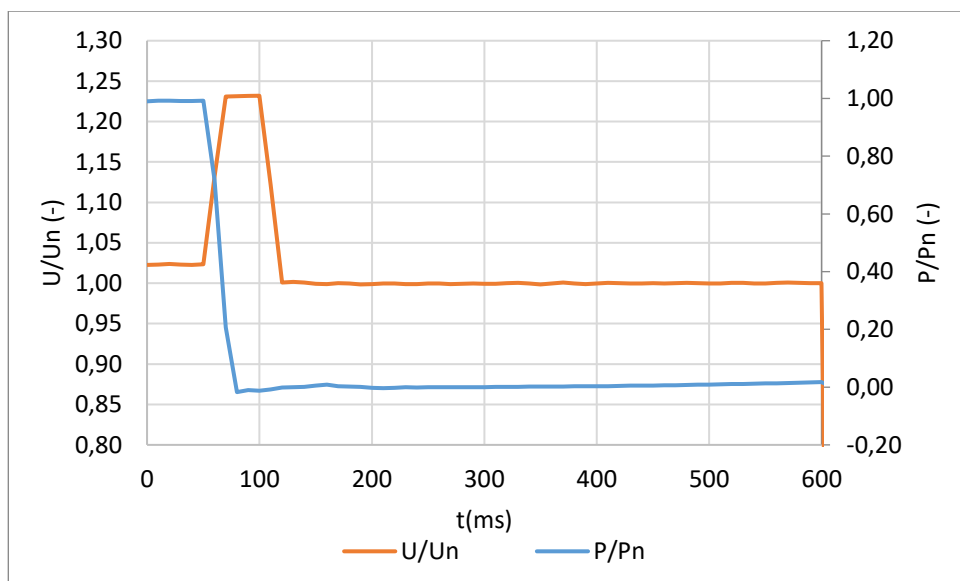
10.2. Průběh zkoušky:

Ověření schopnosti střídače překlenout přepětí a splnit křivku ORVT je rozděleno do tří stupňů. Nejdříve je na AC vstup střídače přivedené přepětí o velikosti 1,24 Un po dobu 50 ms (*obr. 10.2*), během kterých se střídač neodpojil, pouze došlo ke snížení činného výkonu. Tato část požadavku je splněna.

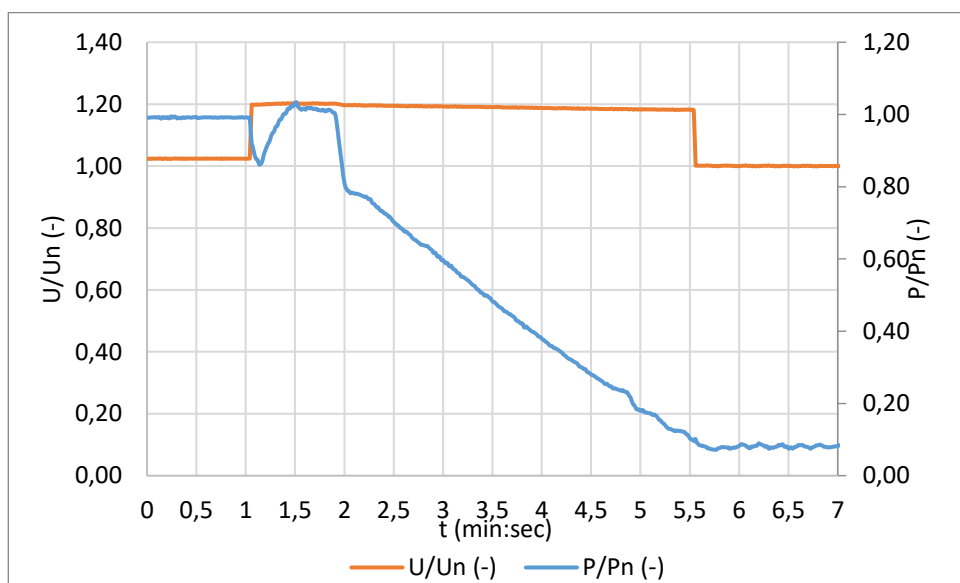
Pro druhý stupeň (*obr.10.3*) je napětí zvýšeno na 1,18 Un po dobu 4,5 sekund. Při přepětí střídače dochází k omezení činného výkonu. Po odeznění přepětí je činný výkon obnoven. Část požadavku je splněna.

Třetí stupeň bude vyhodnocen v kapitole 12 této TZ. Tento požadavek lze současně vyhodnotit se zkouškou 10 min ochrany. Kdy se na střídač přivádí stejně velké napětí 1,13 a to po dobu 10 min.

Grafy:



Obr.10.2: Křivka ORVT 1,24 U_n po dobu 50 ms



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

10.3. Výsledek:

ORVT: 1 stupeň – 1,24 U_n po 50 ms – ANO

2 stupeň – 1,19 U_n po 4,5 s - ANO

3 stupeň – 1,14 U_n - ANO

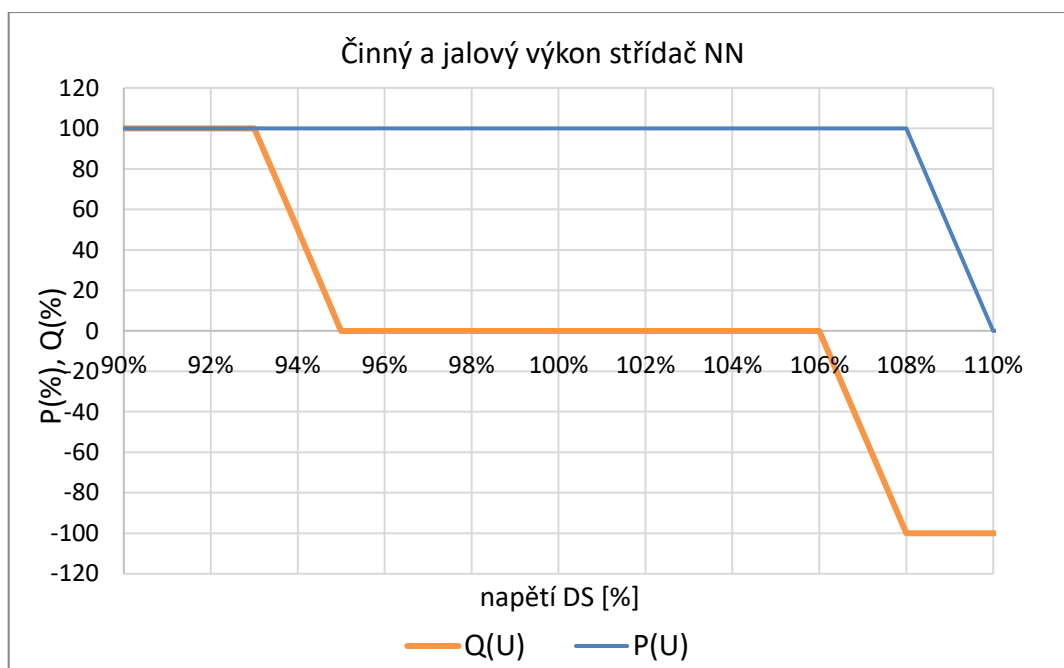
Vyhovující: ANO

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.11.1*). Dále musí být výrobní schopna pracovat charakteristikou $Q(U)$ (*obr.11.1*), která musí být plně nastavitelná. Nastavení $Q(U)$ odpovídá požadavkům EG.D.



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

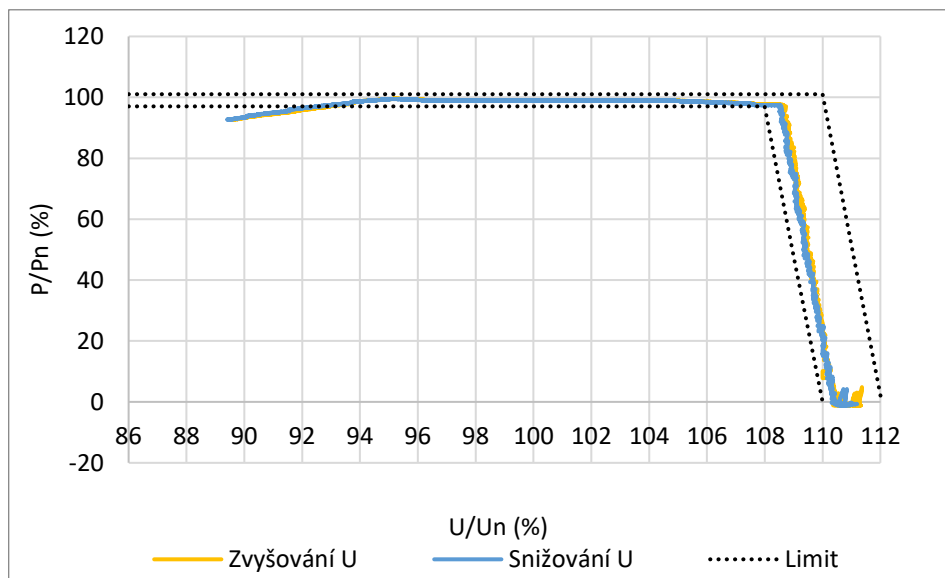
11.2. Průběh zkoušky:

Křivka $P(U)$ (obr.11.2) je ověřena postupným zvyšováním napětí z hodnoty 86 % U_n na 112 % U_n a zpět. K zapůsobení křivky dochází mezi 109 – 110,5 % napětí a $P(U)$ křivka je tak vyhovující. Při sníženém napětí dochází k omezení činného výkonu (vybočení mimo akceptační kritéria), které je způsobeno $Q(U)$ křivkou, toto chování je tolerovatelné.

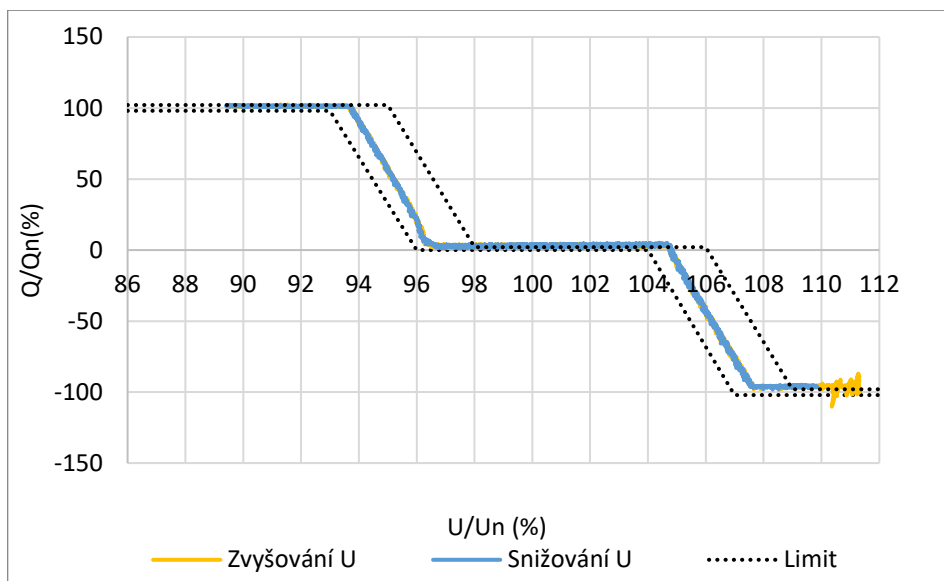
Křivka $Q(U)$ (obr.11.3) je ověřena postupným zvyšováním napětí z hodnoty 86 % U_n na 112 % U_n a zpět, kdy během této změny je sledována odezva jalového výkonu Q . Jako vztažná hodnota jalového výkonu byla použita hodnota 4794 VAR. $Q(U)$ křivka se nachází v akceptační mezi. $Q(U)$ křivka je vyhovující.

Odezva jalového výkonu je testováno rychlou změnou napětí z hodnoty napětí 1,0 U_n na hodnotu 1,09 U_n po dobu 120 sekund. Odezva jalového výkonu na skokovou změnu napětí je vyhovující. Časová konstanta τ byla nastavena na 20 s.

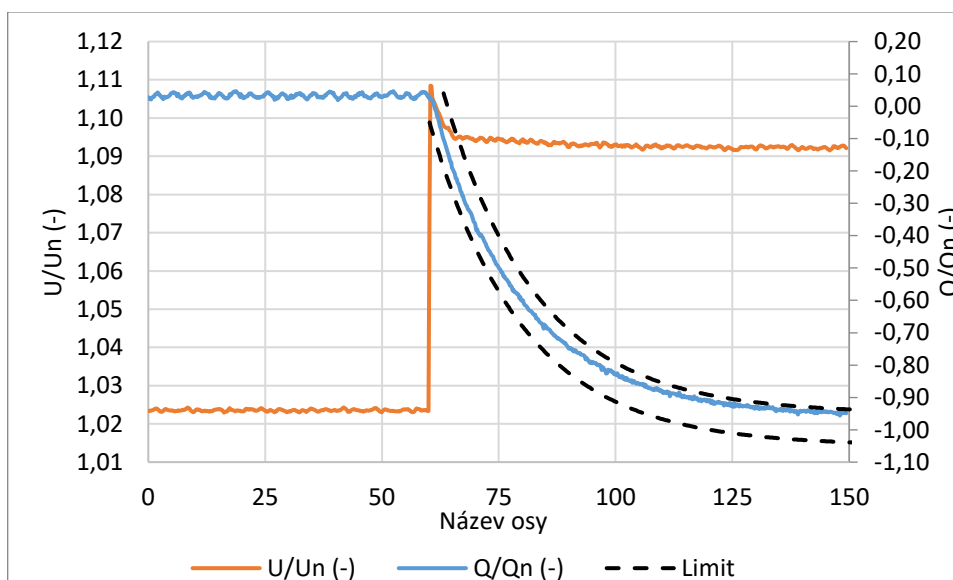
Grafy:



Obr.11.2: $P(U)$ – vyhodnocení



Obr.11.3: $Q(U)$ – vyhodnocení



Obr.11.4: $Q(U)$ – odezva Q na skokovou změnu U

11.3. Výsledek:

Vyhovující $Q(U)$: ANO

Odezva Q na skokovou změnu U : ANO $\tau = 20$ s

Vyhovující $P(U)$: 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

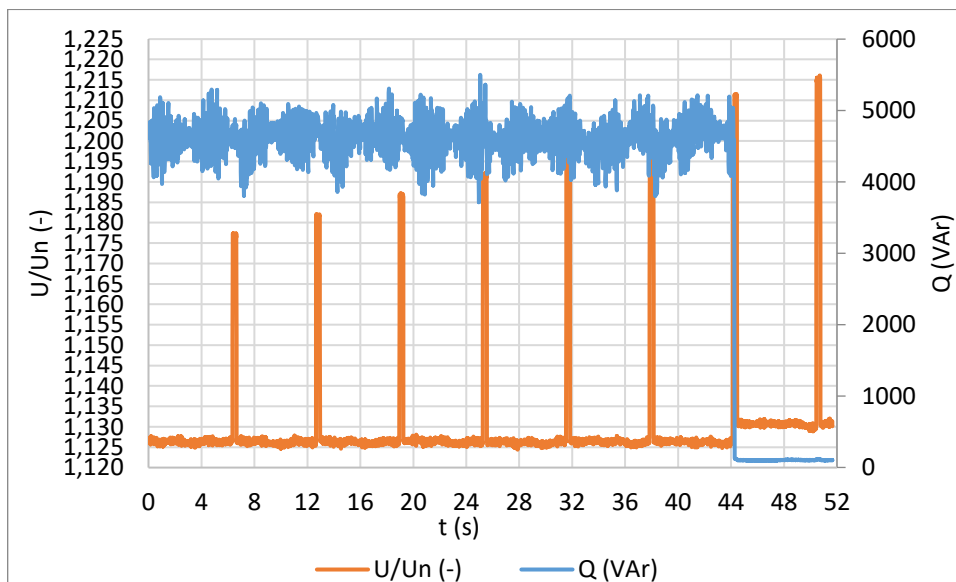
Funkce		Nastavení pro vypnutí	Zpoždění [s]
Nadpětí 3. stupeň	U >>>	1,2 Un	0,1
Nadpětí 2. stupeň	U >>	1,15 Un	5
Nadpětí 1. stupeň ⁽¹⁾	U >	1,11 Un	0
Podpětí 1.stupeň	U <	0,7 Un	2,7
Podpětí 2.stupeň	U <<	0,45 Un	0,2
Nadfrekvence		51,5 Hz	0,1
Podfrekvence		47,5 Hz	0,1

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

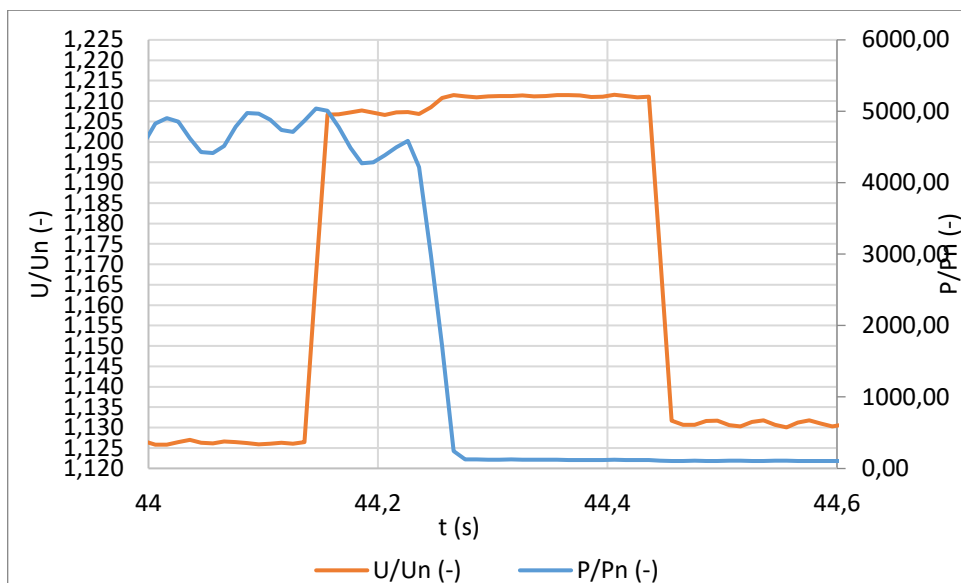
12.2. 3° nadpěťové ochrany

Jako první ochrana je otestován 3° nadpěťové ochrany. 3° nadpěťová ochrana je testován impulzní rampou, kdy se napatí zvětšuje od hodnoty 1,18 Un po 0,05 Un až do doby vybavení ochrany. Ochrana vybavila při napětí 1,207 Un po 120 ms

Grafy:



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

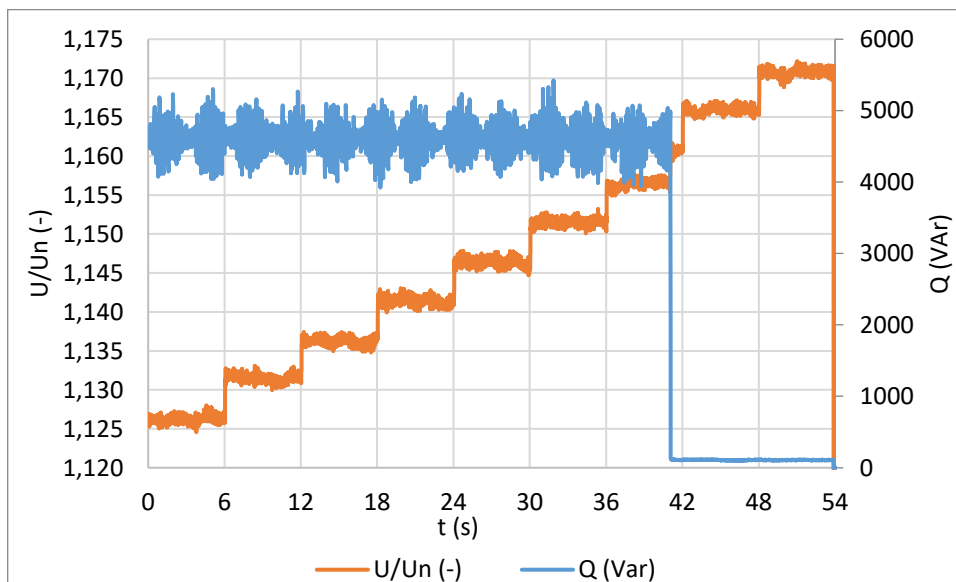


Obr.12.2: 3. stupeň nadpětové ochrany – detail

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. Ochrana vybavila při napětí 1,156 Un po 5,02 s

Grafy:

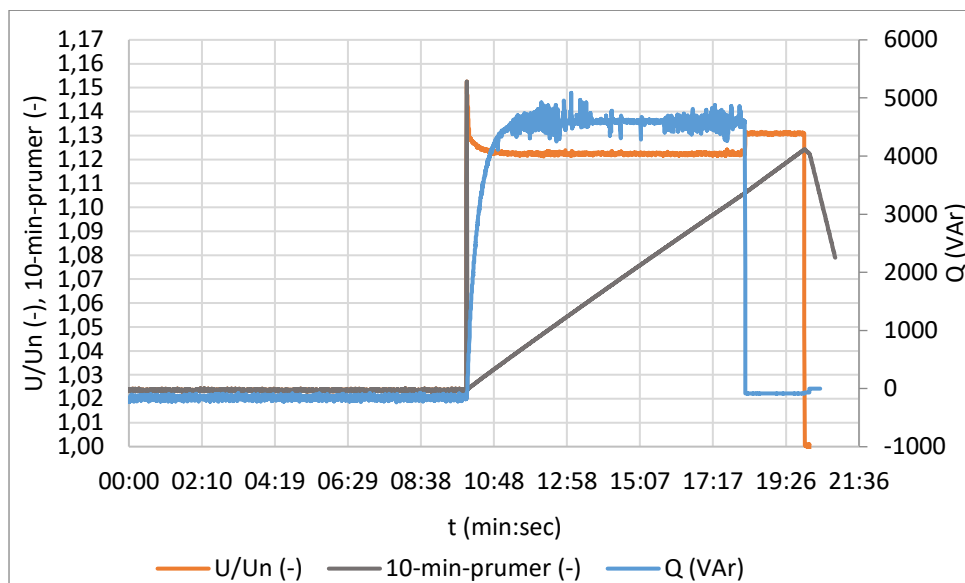


Obr.12.3: 2. stupeň nadpětové ochrany – schodová rampa

12.4. 1° nadpětíové ochrany – 10 – min ochrana

1° stupněm nadpětíové 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 1,106 Un. Nejistota může být ±46,5 sekundy, v tomto případě je nejistota měření - 20 sekund. Toto zafungování je vyhovující. U této zkoušky je zároveň otestován 3 stupeň křivky OVRT, který je vyhovující.

Grafy:

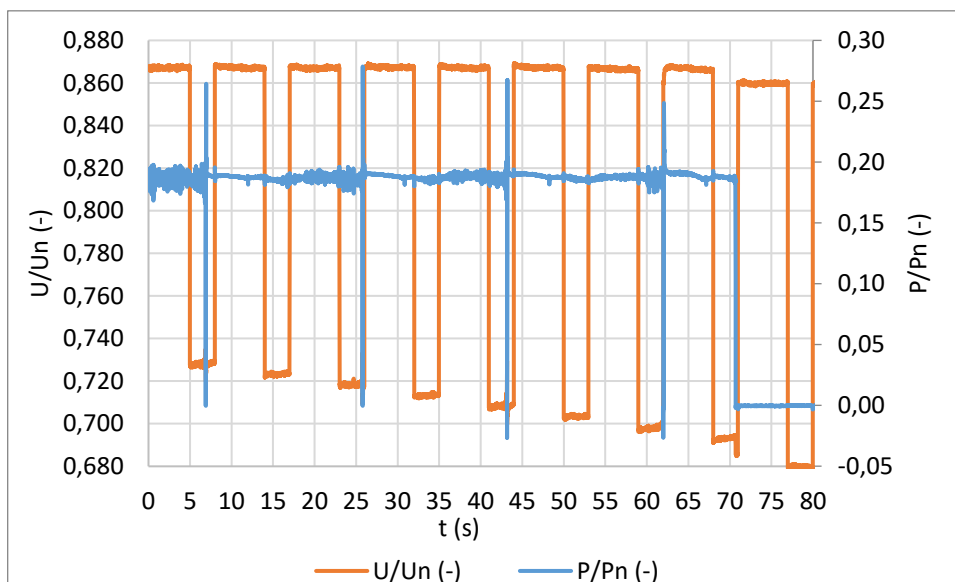


Obr.12.4: 10 min ochrana

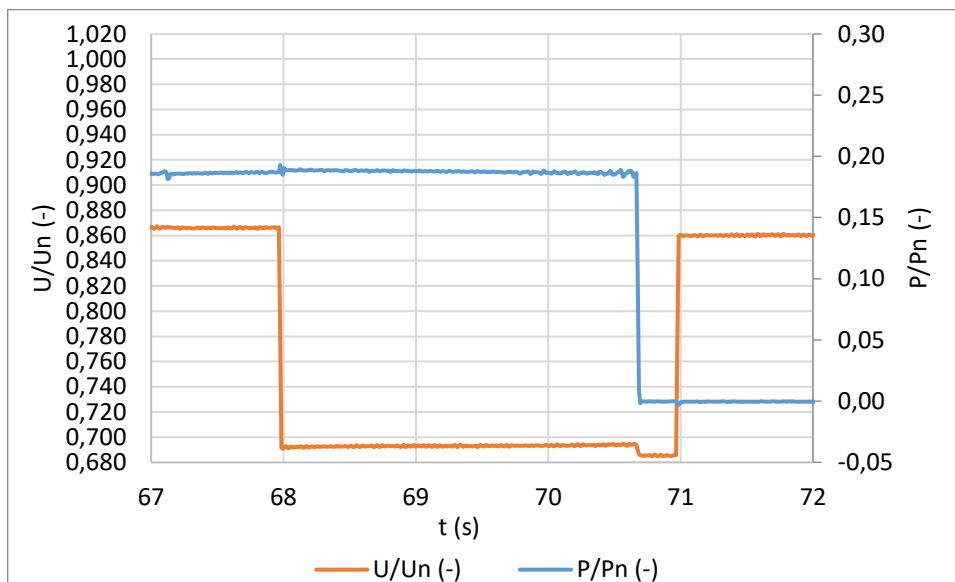
12.5. 1° podpěťové ochrany

1° podpěťové ochrana je testován impulzní rampou, kdy se napětí zmenšuje od hodnoty 0,72 Un po 0,05 Un až do doby vybavení ochrany. Ochrana vybavila při napětí 0,694 Un po 2,7 s.

Grafy:



Obr.12.5: Podpěťová ochrana 1.stupeň

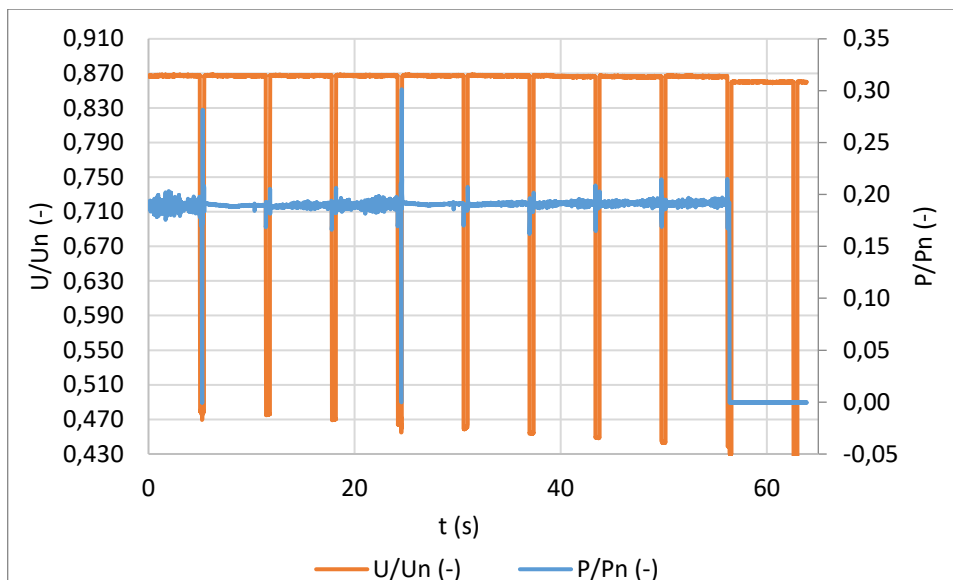


Obr.13.6: Podpěťová ochrana 1.stupeň – detail

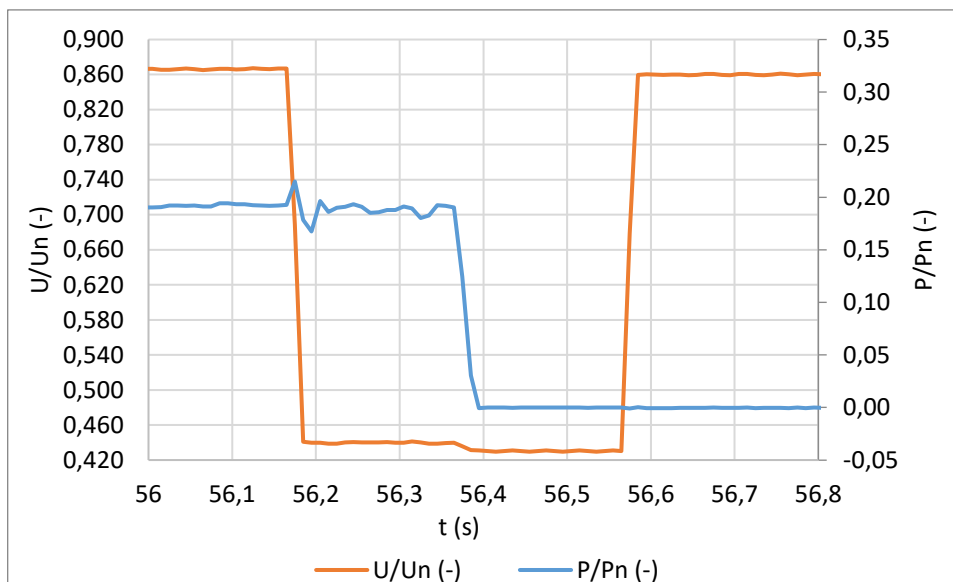
12.6. 2° podpěťové ochrany

2° podpěťové ochrana je testován impulzní rampou, kdy se napětí zmenšuje od hodnoty 0,47 Un po 0,05 Un až do doby vybavení ochrany. Ochrana vybavila při napětí 0,44 po 0,2 sekundách

Grafy:



Obr.12.7: Podpěťová ochrana 2.stupeň

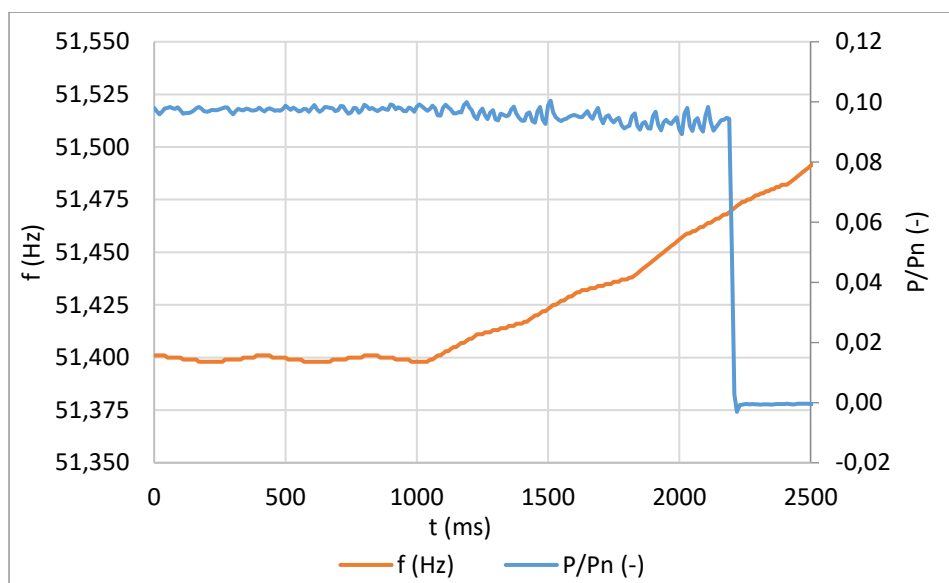


Obr.12.8: Podpěťová ochrana 2.stupeň – detail

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. Nadfrekvenční ochrana vybavila při 51,45 Hz po 270 ms.

Grafy:

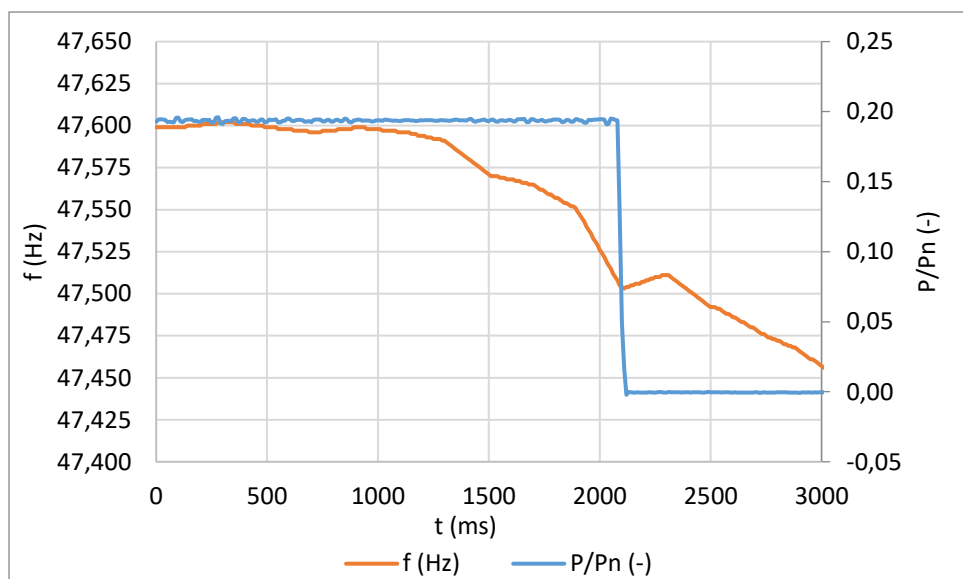


Obr.12.9: Nadfrekvenční ochrana

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. Podfrekvenční ochrana vybavila při 47,525 Hz po 120 ms.

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° nadpětíová	1,2 Un	1,207 Un	100 ms	120 ms	+ 0,2 s	ANO
2° nadpětíová	1,15 Un	1,156 Un	5 s	5,02 s	+ 0,2 s	ANO
10min ochrana	1,11 Un	1,106 Un	10 min průměr	-20 s	± 46,5 s	ANO
1° podpětíová	0,7 Un	0,694 Un	2,7 s	2,7 s	+ 0,2 s	ANO
2° podpětíová	0,45 Un	0,44 Un	0,2 s	0,2 s	+ 0,2 s	ANO
Nadfrekvenční	51,5 Hz	51,45 Hz	100 ms	270 ms	+ 0,2 s	ANO
Podfrekvenční	47,5 Hz	47,525 Hz	100 ms	120 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.

Typ: Growatt MOD 10KTL3-XH(BP)
Verze FW: Dnaa925100
SN: CZMOCJNO16
Country setup: Czech republic
Technická zpráva: EGD2023-Z004

Příloha

