Technická zpráva pro fotovoltaický střídač EGD2024-Z007

Solax X1-BOOST-3.6K-G4

Platné pro řadu:

X1-BOOST-2.5K-G4

X1-BOOST-3K-G4

X1-BOOST-3.3K-G4

X1-BOOST-3.6K-G4

ČLEN SKUPINY E.ON

Informace - střídač

Výrobce: Solax

Typ: X1-BOOST-3.6K-G4

Výkon: 3680 VA

Vstupní parametry DC: 40-560 V; 16/16 A I_{mmp} (22/22 A I_{sc})

Výstupní parametry AC: 230 V/ 50 Hz; 3680 VA (3680 W)

Účiník: $0{,}8_{ind}$ – $0{,}8_{kap}$

Fáze: 1f

Hybridní: NE

Nastavený grid code: Czech 2023

Poznámka:

Pracoviště: Laboratoř čisté energetiky; EG.D, a.s

Datum měření: 27.8.2024

Datum vydání technické zprávy: 8. 10. 2024

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

Odpovědný vedoucí: Ing. Jiří Čeleda, jiri.celeda@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 % Pn – 5,01 % 50 % Pn – 5,07 %	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 – max 5 s	Odpojení do 5 s.	ANO
	PPDS	5.1				
Automatické opětovné připojení VM	RfG	čl. 13.7	6	Gradient P – max 10 %/min	10 %/min	ANO
	PPDS	9.5		Čas analýzy – min 300 s	313 - 318 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	
				Nárůst činného výkonu při limitaci P(f) křivkou	Žádný nárůst činného výkonu během limitace	
Ověření jmenovitého výkonu	PPDS	2	7	Pn (cos =1) = 3,6 kW	P = 3,8 kW	ANO
Napěťová stabilita	PPDS	9.1.2	8	Trvalý provoz 0,85 -1,1 Un	0,86 Un 10 min	ANO
					1,09 Un 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
				Odezva P na změnu U τ = 5 s	Naměřené τ = 5 s	ANO
Funkce Q(U)	PPDS	9.4.2	11	Nastaveno dle EG.D	Q(U) odpovídá nastavení	ANO
				Odezva Q na změnu U τ = 20 s	Naměřené τ = 20 s	
Nastavení ochran	SoP		12	Nastaveno dle EG.D		ANO
Obnovení P po krátkodobém poklesu U	PPDS	9.2.2.4	13	Pokud U> 85 Un, obnova P do 1 sekundy.	Není vyžadováno po VM A1.	

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

Informace - testy

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

Potvrzení

Testování střídače probíhalo dle jednotné národní metodiky ověření souladu pro nesynchronní VM A1/A2 umístěné na webu www.egd.cz/laborator.

Testování bylo provedeno pro:

Technická zpráva

ČLEN SKUPINY E.ON

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
13. Obnovení činného výkonu po krátkodobém poklesu napětí 39
Závěr 39
Příloha 40
Příloha č.1 – Nastavení střídače 41
Příloha č.2 – Datasheet 43

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	Stejnosměrný 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

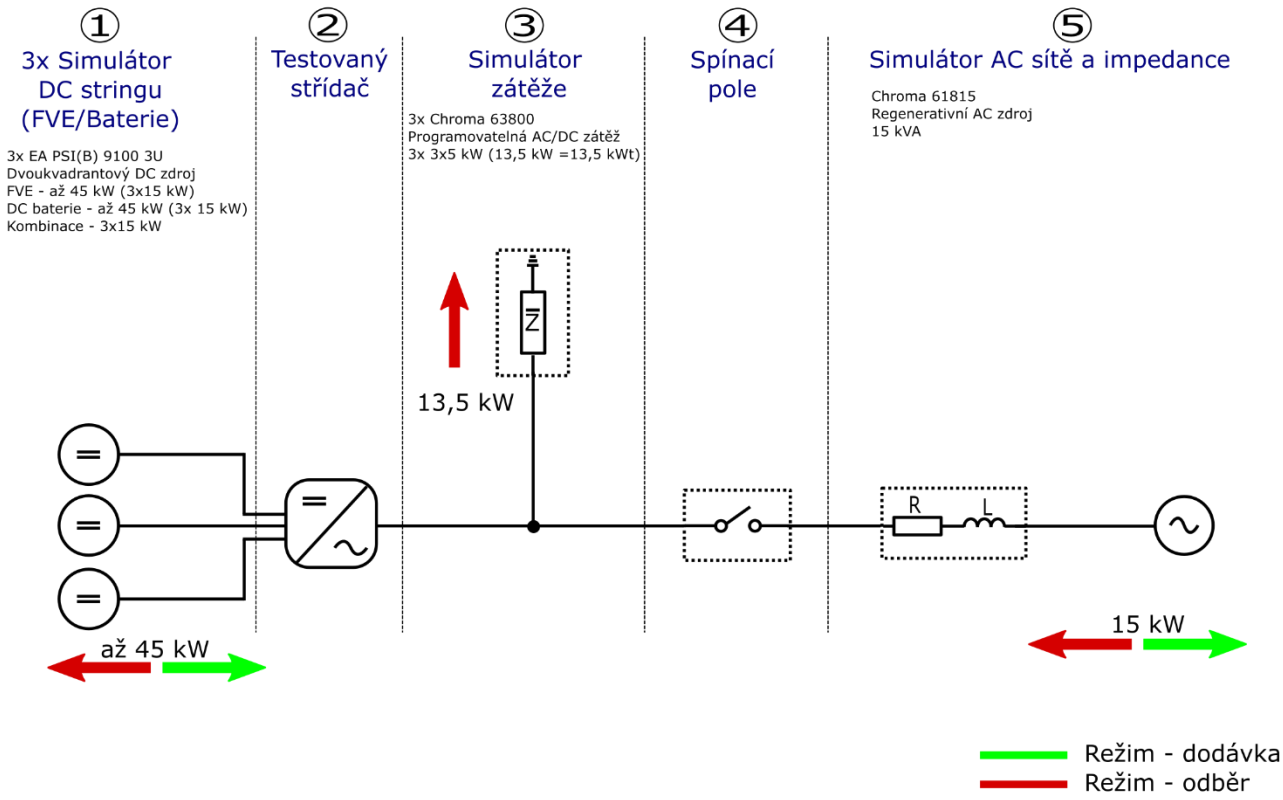
EN 50549 - Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 1: Connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type B

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_{mmpt}). Stejnosměrný zdroj také plní funkci bateriového uložiště.

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 sítí 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 – 3300 W

Q_n – 1438 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

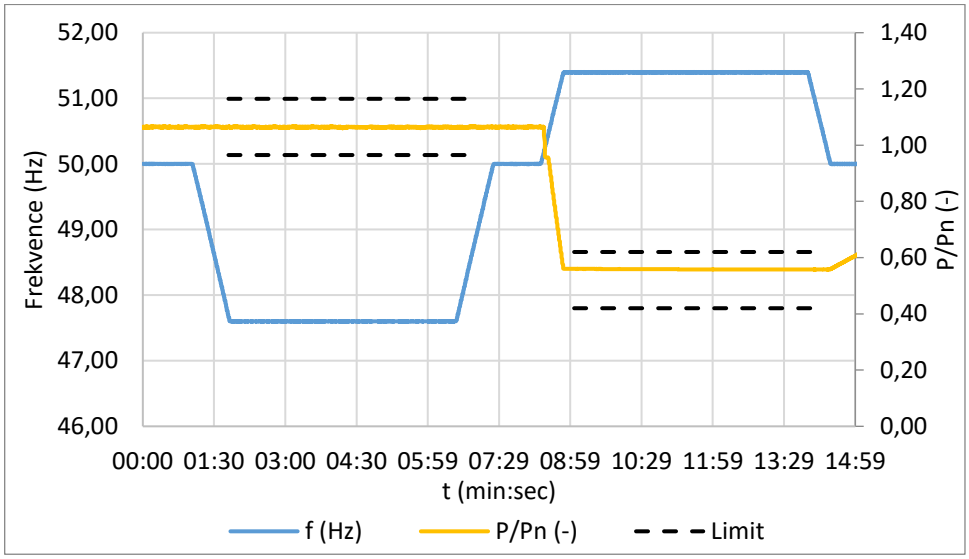
1.2. Průběh zkoušky:

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 ± 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

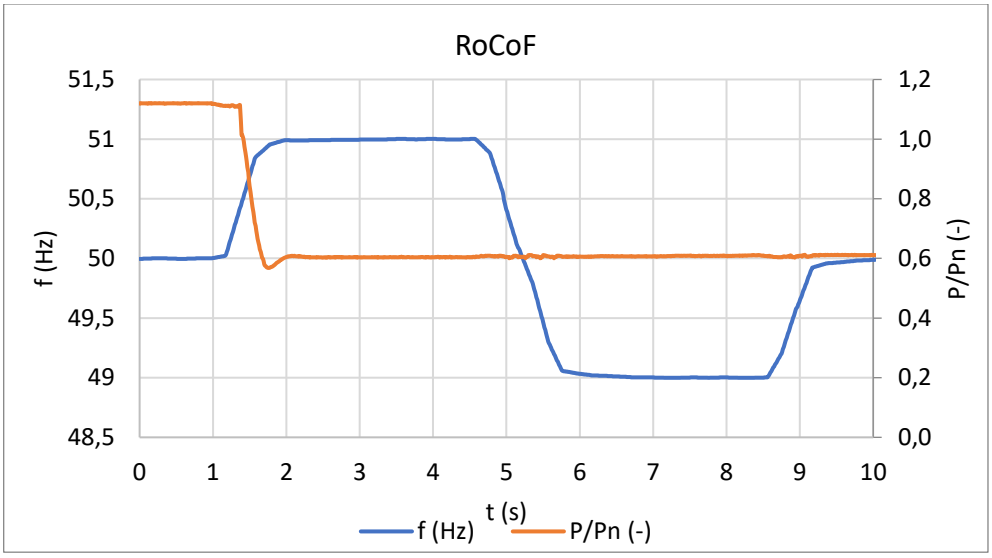
2.1. Požadavek:

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*.

Grafy:



Obr.2.1: RoCoF

2.3. Výsledek:

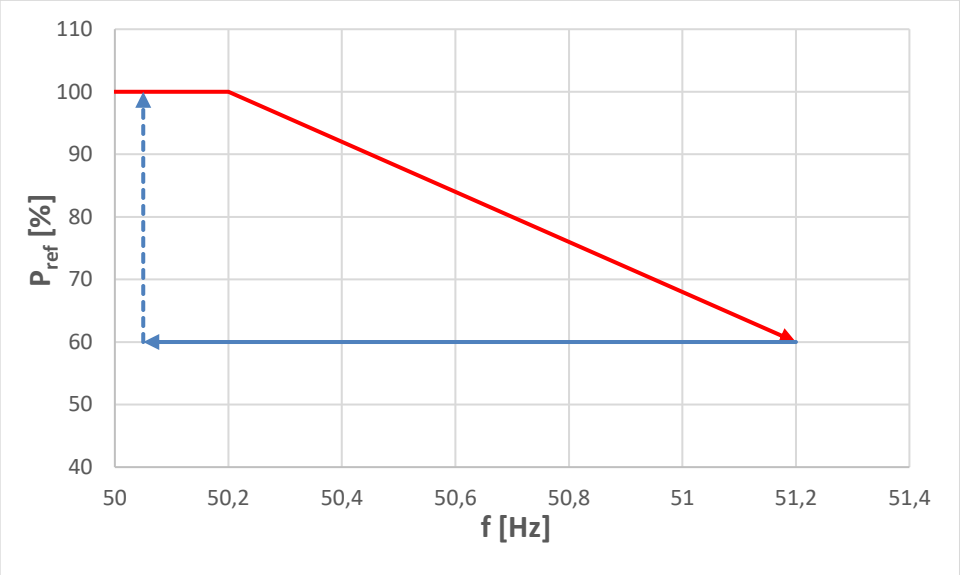
Testovaná změna frekvence	Vyhovující
2 Hz/s	ANO

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

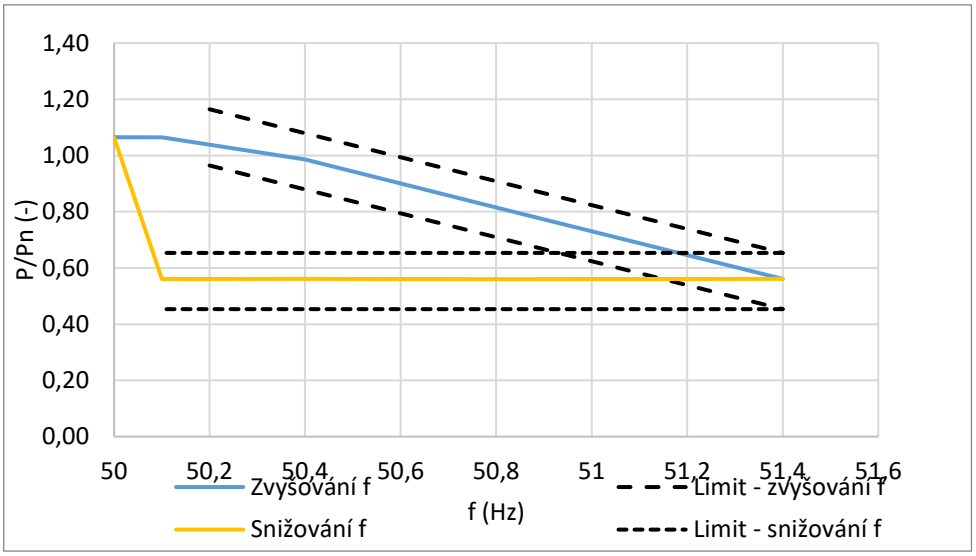
3.2. Průběh zkoušky:

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 % Pn.

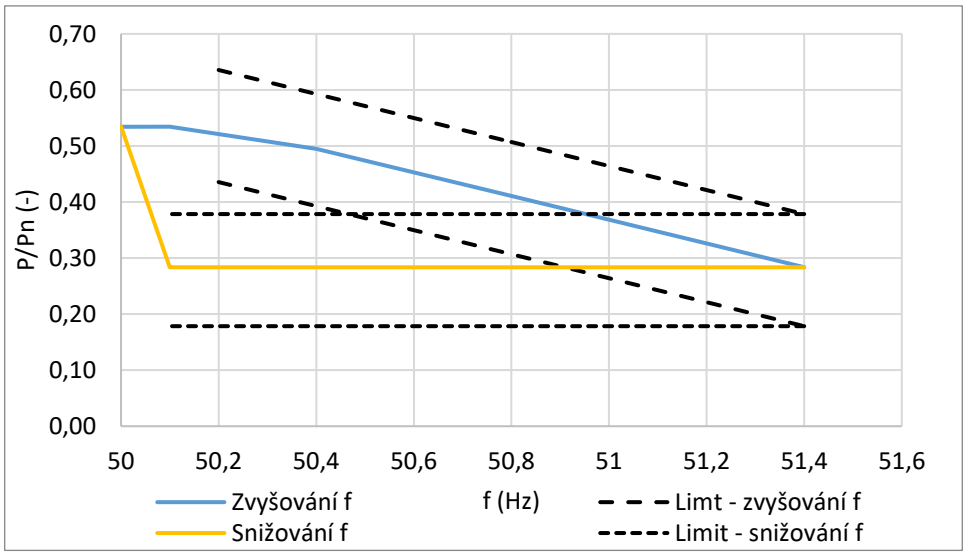
Poslední částí zkoušky (*obr. 3.4*) je zvýšený dostupného výkonu na DC vstupu střídače během doby, kdy došlo k omezení činného výkonu kvůli nárůstu frekvence. Zkouška je prováděna při cca 50 % Pn a frekvenci 50,8 Hz. Výkon na DC straně střídače je zvýšen o 20 %, přičemž výkon na AC straně se nesmí zvýšit.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

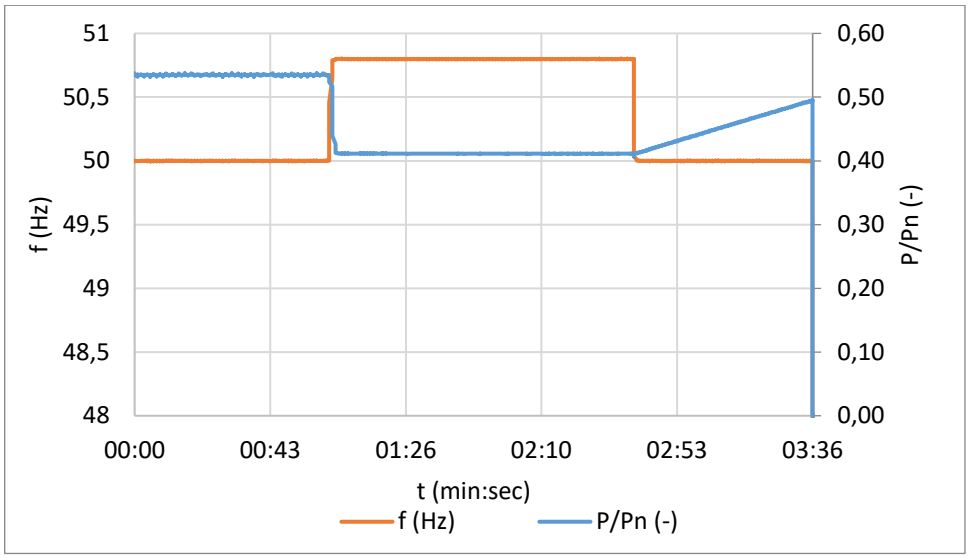
Grafy:



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

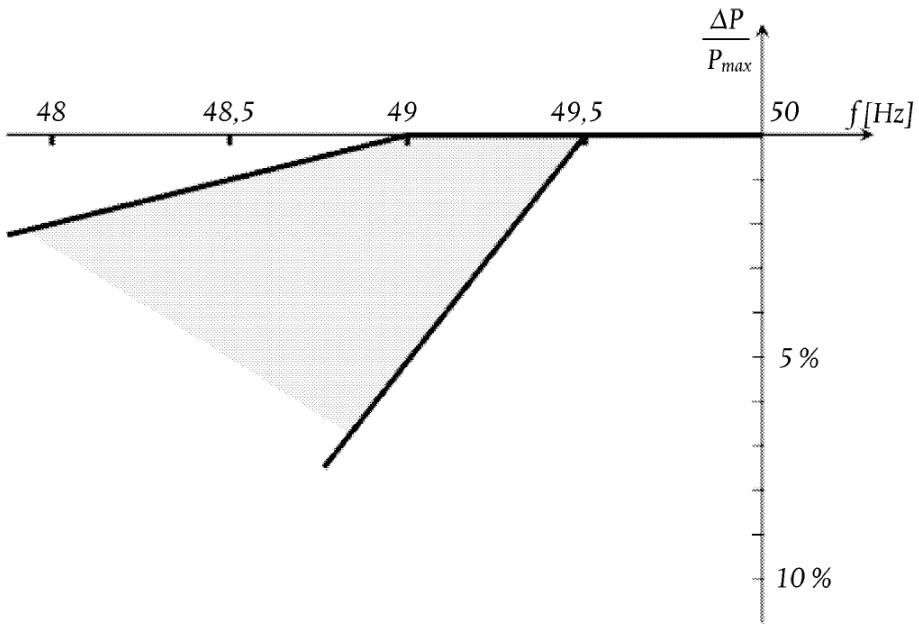
Výsledná tabulka – 100 %		Vyhovující	Celkové vyhodnocení
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)		
50	3834,0	-	ANO
50.1	3833,6		
50.4	3547,8		
50.9	2933,7		
51.4	2019,6		
50.9	2018,6		
50.4	2018,6		
50.1	2018,6		
50	3831,9		
Statika (%)	5,01	ANO	
Návratová frekvence	<50,05 Hz	ANO	
Gradient	<10 %/min	ANO	
Výsledná tabulka – 50 %		Vyhovující	
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)		
50	1923,4	-	
50.1	1923,8		
50.4	1781,8		
50.9	1479,1		
51.4	1021,2		
50.9	1021,1		
50.4	1021,0		
50.1	1021,0		
50	1925,5		
Statika (%)	5,07	ANO	
Návratová frekvence	<50,05 Hz	ANO	
Gradient	<10 %/min	ANO	
Nárůst výkonu na DC straně	Nárůst výkonu na AC straně	Vyhovující	
O 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.

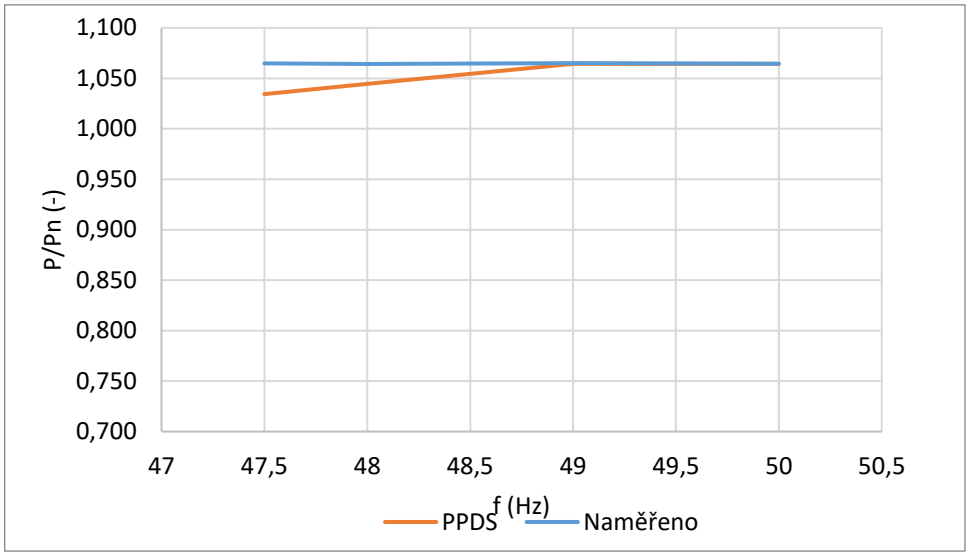


Obr.4.1: Regulační oblast pro snížení činného výkonu při podfrekvenci

4.2. Průběh zkoušky:

Dle požadavku PPDS může dojít k poklesu činného výkonu maximálně o 2 % Pmax/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 výrobny z paralelního provozu.

5.2. Průběh zkoušky:

Po spojení příslušných pinů došlo k přerušení dodávky činného výkonu do 5 sekund.

5.3. Výsledek:

Čas odpojení – požadavek	Čas odpojení – měření	Vyhovující
≤ 5 s	≤ 5 s	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

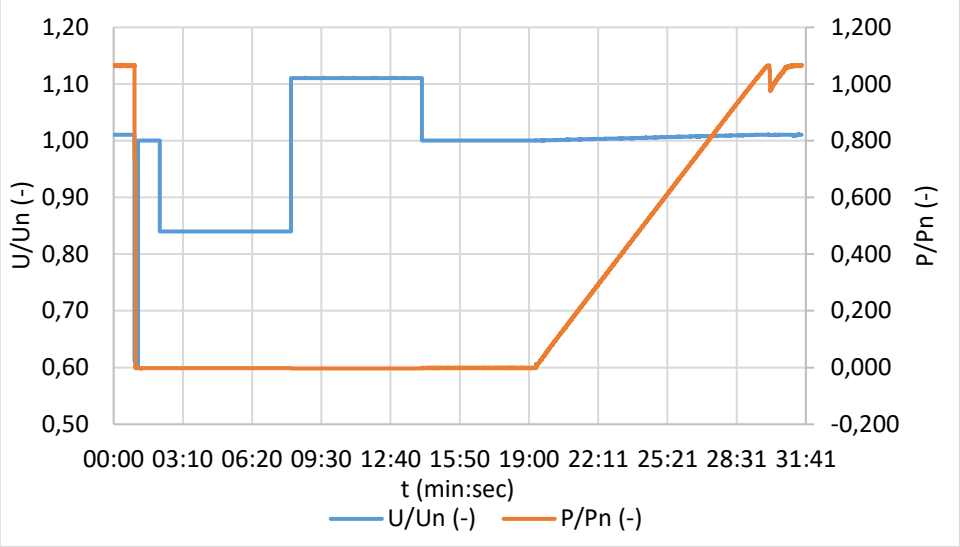
V případě, že není střídač schopen splnit bod 2., může se po předchozí koordinaci s PDS připojit v intervalu 0-20 min.

6.2. Průběh zkoušky

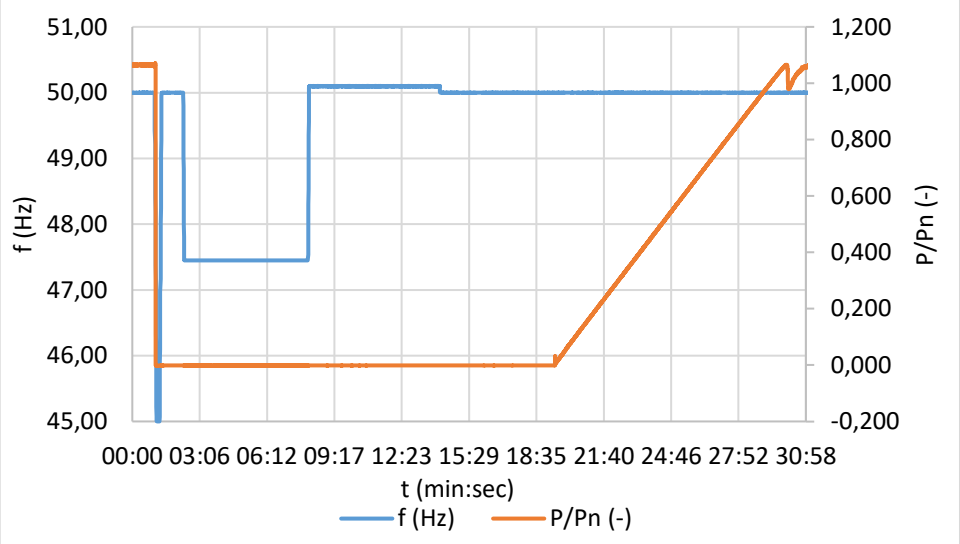
Střídač je uveden do provozu a před spuštěním zkoušecí sekvence je na dobu 60 sekund provozován na jmenovitých parametrech napětí a frekvence. Střídač je od umělé DS odpojen pomocí poruchy napěťového charakteru (*obr.6.1*) tím, že napětí je nastaveno na 0,6 Un (138 V) po dobu 10 sekund. Poté je napětí vráceno na 1,0 Un na 60 sekund, které opět slouží pro ustálení střídače. Po uplynutí této doby je napětí sníženo na hodnotu 0,83 Un (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 Un (257,6 V), opět na 6 minut, pro ověření horního limitu rozsahu požadavku. Pro ověření gradientu je napětí vráceno na 1,0 Un (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 že 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	ANO
Připojení mimo rozsah	Nepřipojení	Nepřipojení	ANO	
Doba analýzy sítě	min 300 sekund	313 sekund	ANO	
Gradient činného výkonu	max 10 %/min	10 %/min	ANO	
Automatické připojení - frekvence				
	Požadováno	Naměřeno	Vyhovující	
Připojení mimo rozsah	Nepřipojení	Nepřipojení	ANO	
Doba analýzy sítě	min 300 sekund	318 sekund	ANO	
Gradient činného výkonu	max 10 %/min	10 %/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 (UN = 230 V, fN = 50 Hz). Na DC simulátoru je nastaven výkon 1,2 P_{NAC}.

7.3. Výsledek:

Očekávaný maximální výkon: 3,6 kW (při cosϕ=1)

Naměřený maximální výkon: 3,8 kW

Vyhovuje: ANO

8. Napěťová stabilita

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

8.1. Požadavek:

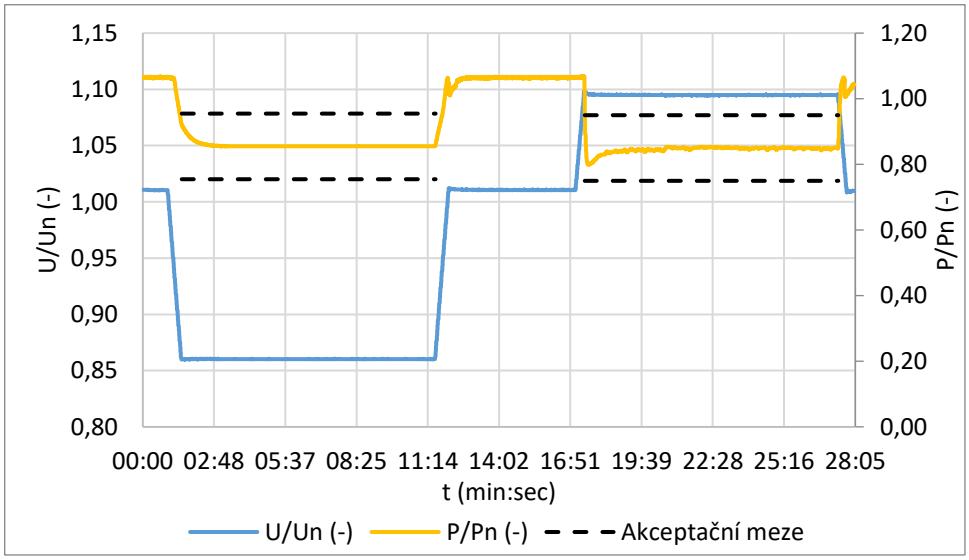
Střídač musí být schopen trvalého v provozu v napěťovém rozsahu 0,85 – 1,1 U_n.

8.2. Průběh zkoušky:

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

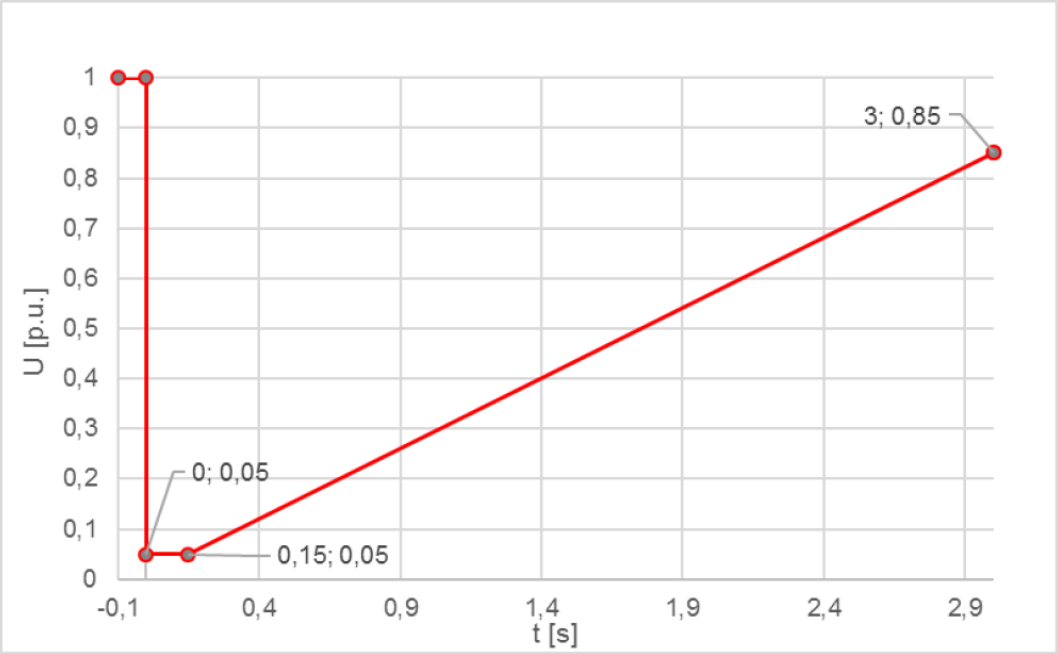
Testovaný rozsah	Čas testu	Vyhovující	Celkové vyhodnocení
0,86 Un	10 min	ANO	ANO
1,09 Un	10 min	ANO	

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 URVT

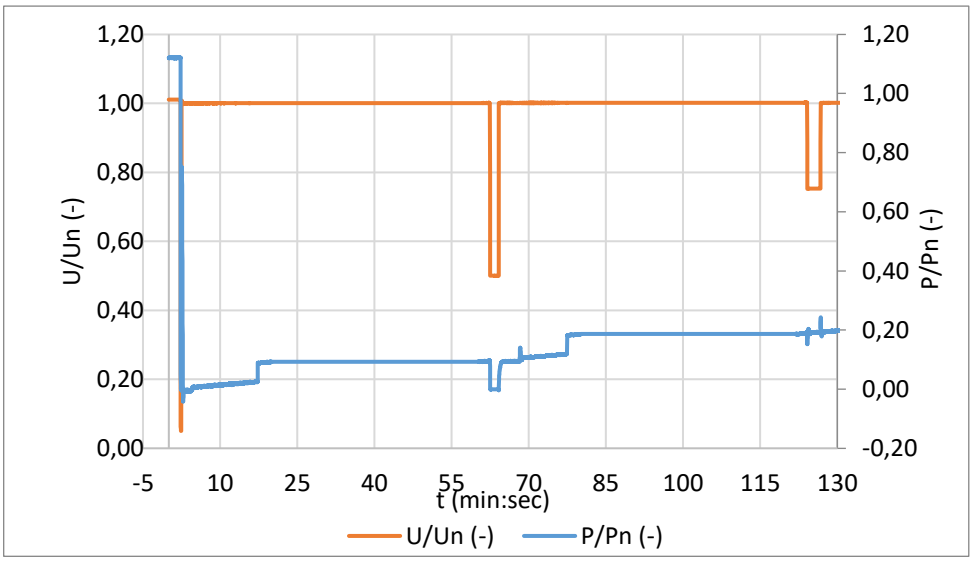
9.2. Průběh zkoušky:

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:

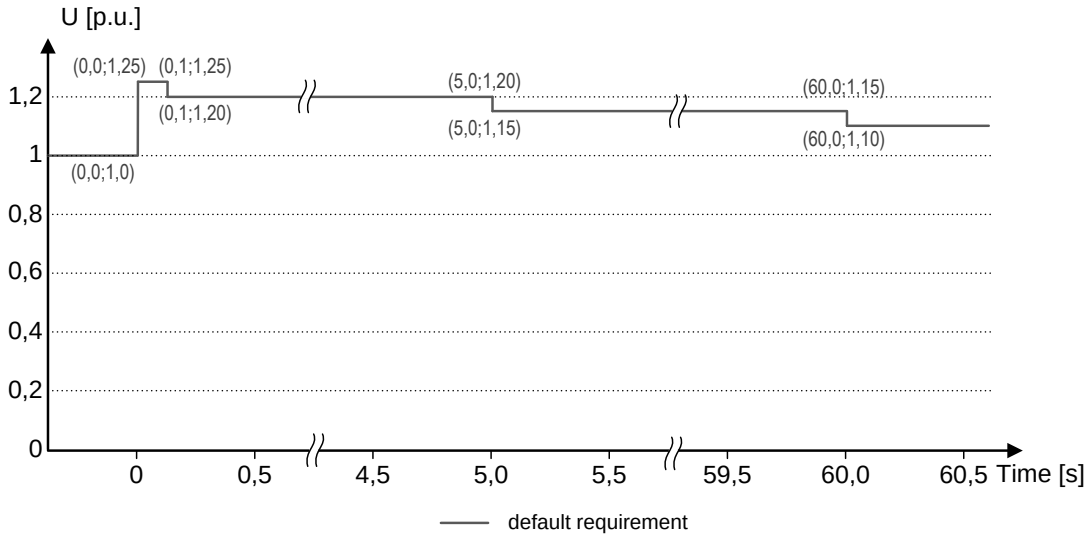
Pokles	Vyhovující	Celkové hodnocení
P.1	ANO	ANO
P.2	ANO	
P.3	ANO	

10. Překlenutí nadpětí – 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 výrobny, které by mohly způsobit odpojení.



Obr.10.1: Křivka ORVT

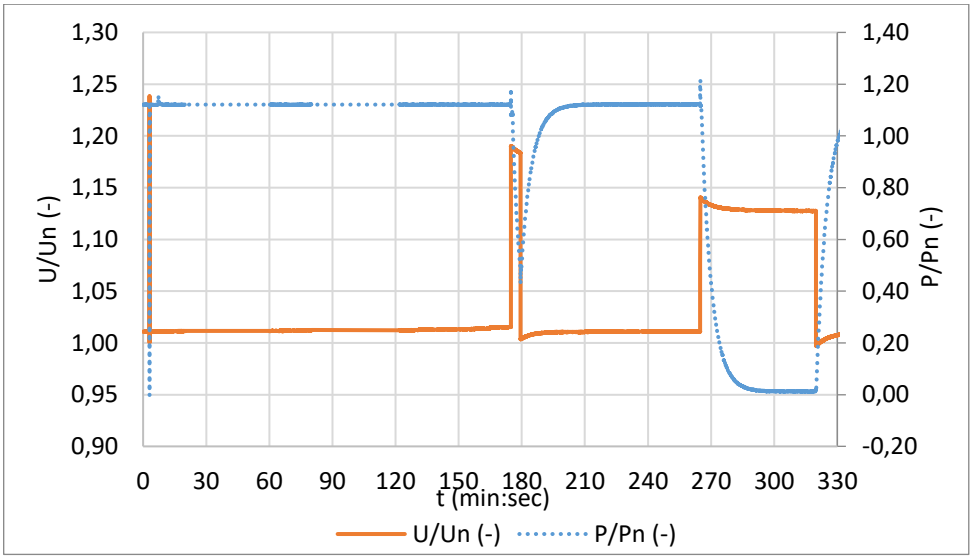
10.2. Průběh zkoušky:

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)	55 s

Grafy:



Obr.10.2: Křivka ORVT

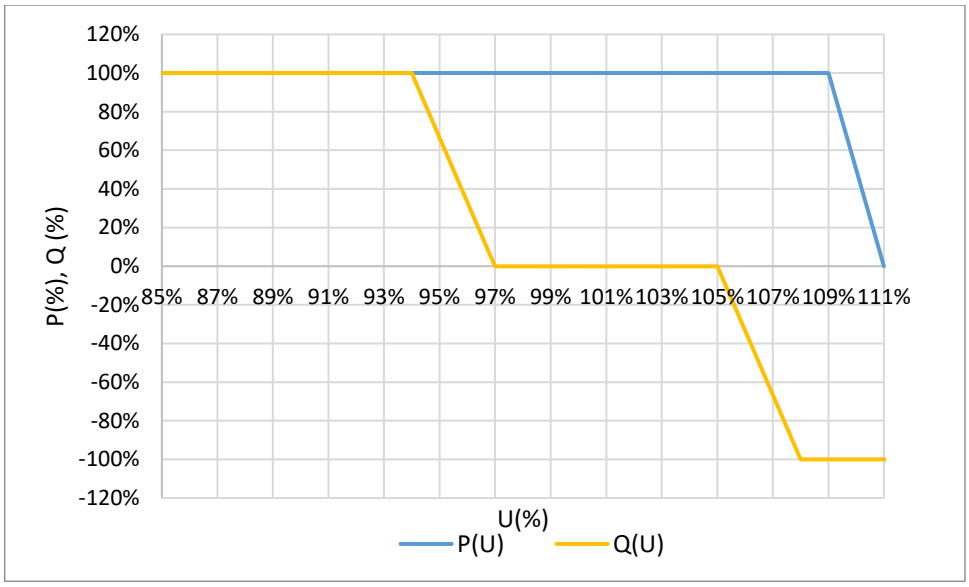
Pokles	Vyhovující	Celkové hodnocení
N.1	ANO	ANO
N.2	ANO	
N.3	ANO	

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

Výrobny 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 výrobna 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

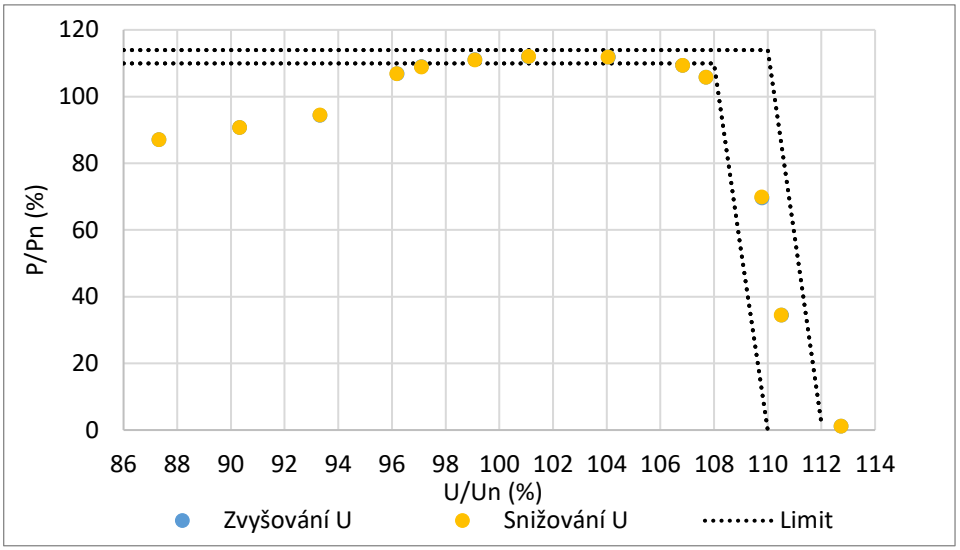
11.2. Průběh zkoušky:

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

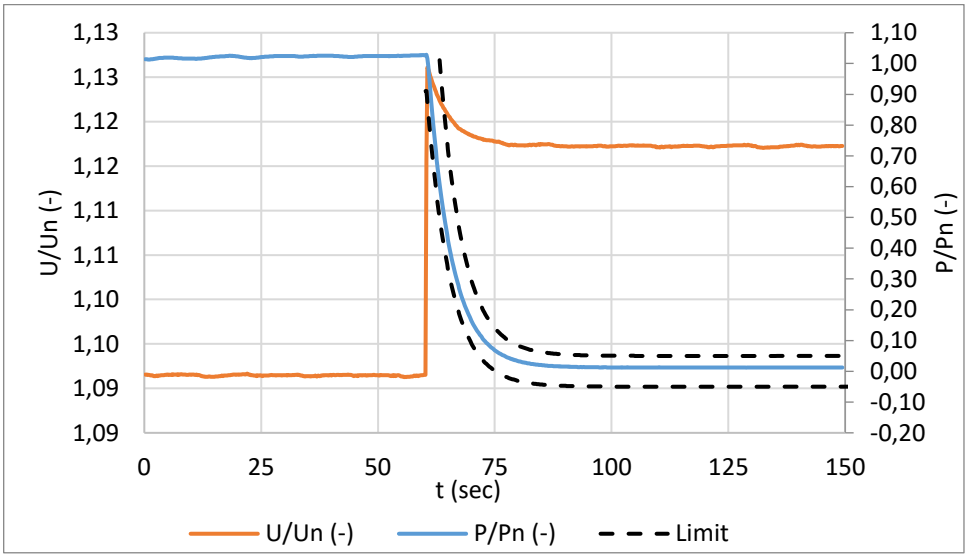
Křivka P(U) (*obr.11.2*) a křivka Q(U) (*obr.11.3*) jsou ověřovány postupným zvyšováním napětí z hodnoty 86 % Un na 112 % Un a zpět.

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.

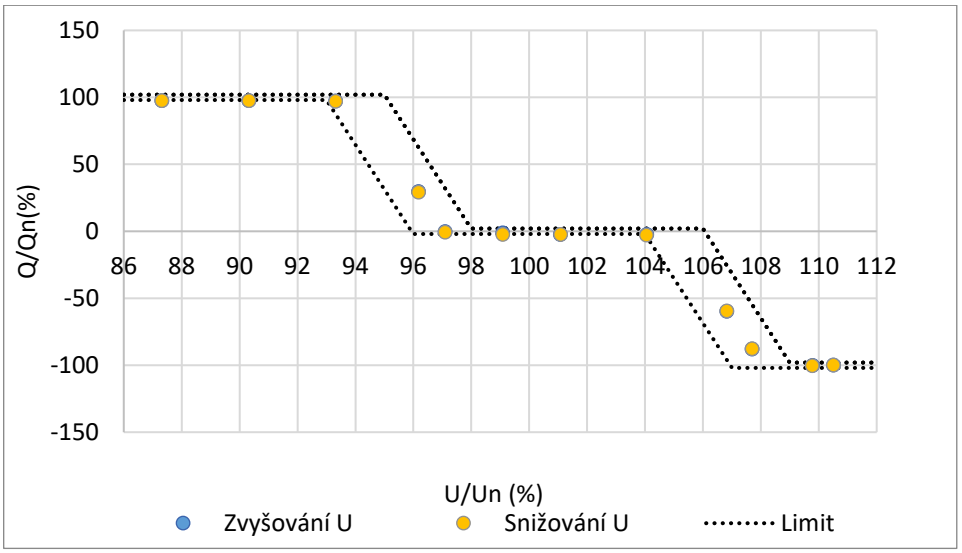
Grafy:



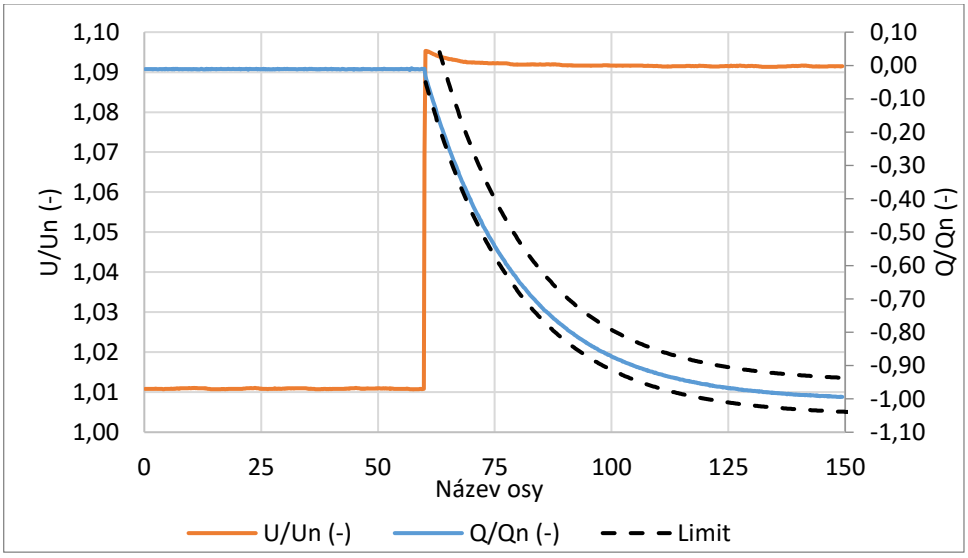
Obr.11.2: P(U) – vyhodnocení



Obr.11.3: Dynamická odezva činného výkonu P na skokovou změnu napětí U



Obr.11.4: Q(U) – vyhodnocení



Obr.11.5: Dynamická odezva jalového výkonu Q na skokovou změnu napětí U

11.3. Výsledek:

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

U testu P(U) křivky se činný výkon dostává mimo akceptační mez, to je způsobeno dosažením maximálního zdánlivého výkonu společným působením Q(U) křivky. Toto chování je akceptovatelné.

12. Ochrany

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

12.1. Požadavek:

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

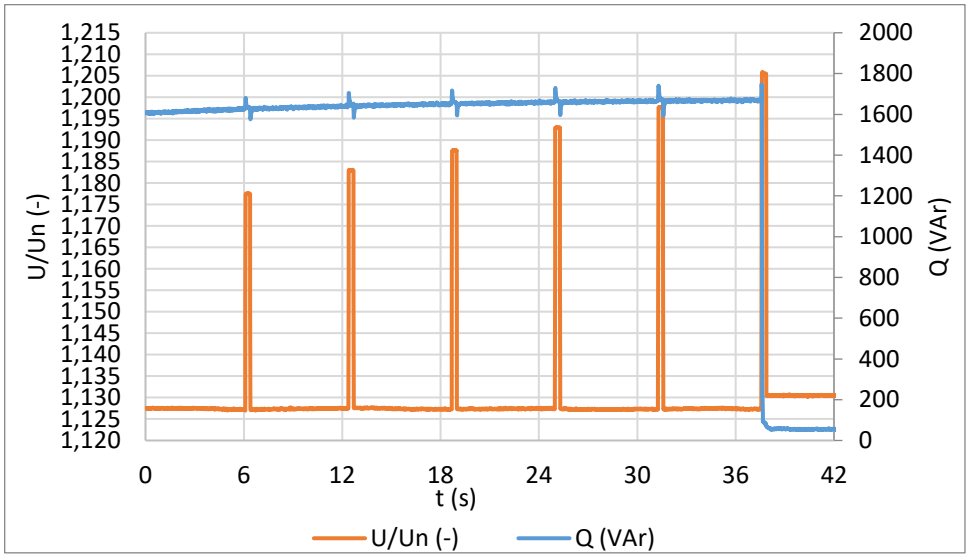
Tab.12.1: Nastavení ochran

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

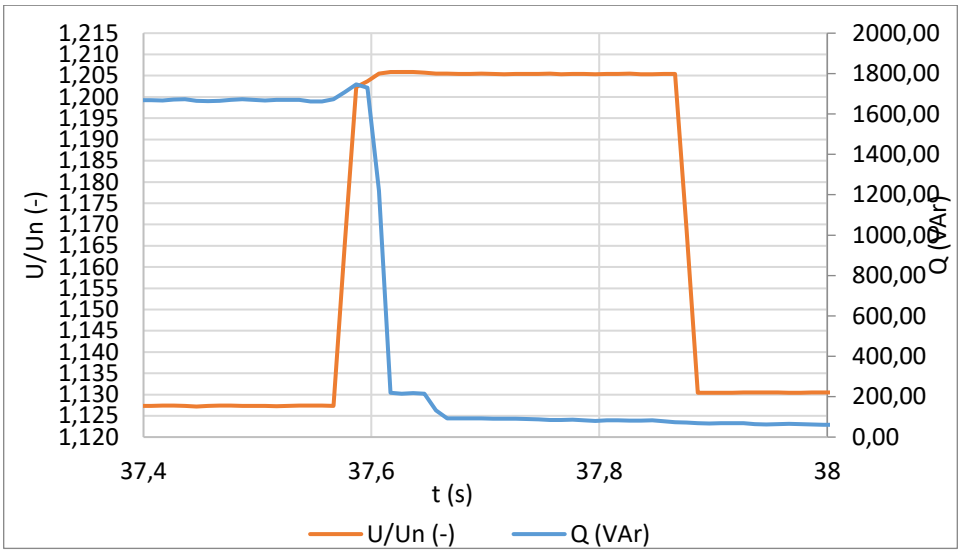
(1) Pokud nelze nastavit 1. nadpěťová ochrana na desetiminutový průměr, tak je nastavena na 1,11 Un se zpožděním 60 s.

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.



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

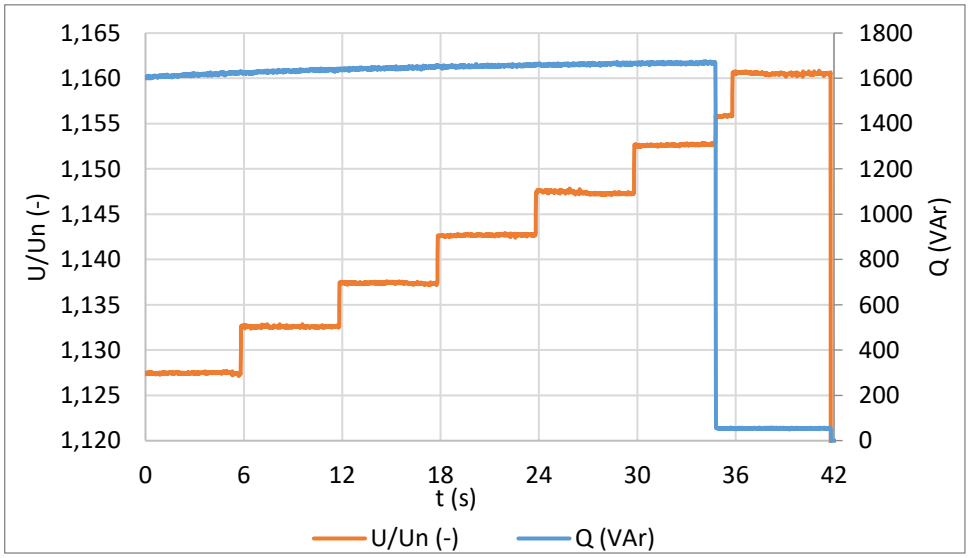


Obr.12.2: 3. stupeň nadpěťové ochrany – detail

12.3. 2° nadpěťové ochrany

2° stupeň nadpěťové 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:

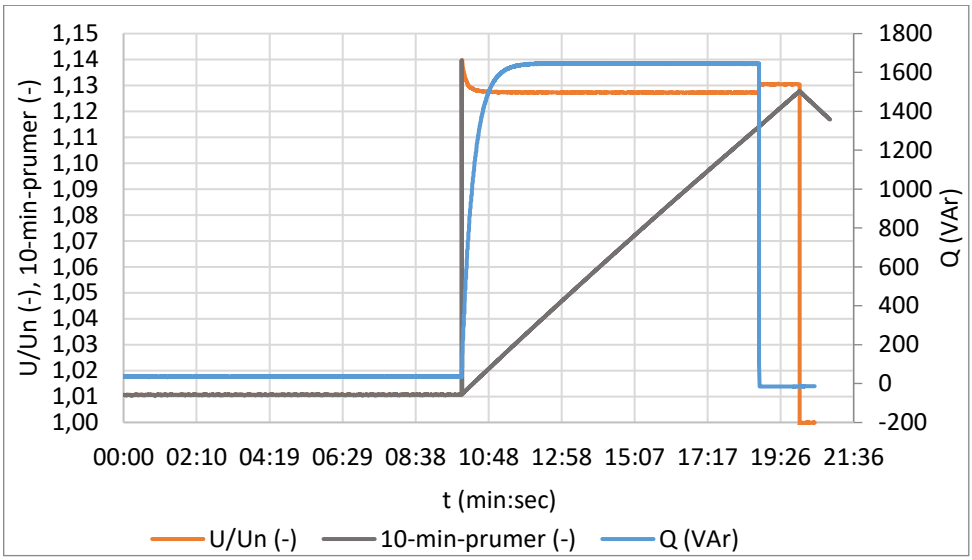


Obr.12.3: 2. stupeň nadpěťové ochrany – schodová rampa

12.4. 1° nadpěťové ochrany – 10 – min ochrana

1° stupněm nadpěťové 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 1,114 Un. Nejistota může být ±46,5 sekundy, v tomto případě je nejistota měření 24 sekund. Toto zafungování je vyhovující. U této zkoušky je zároveň otestován 3 stupeň křivky OVRT, který je vyhovující.

Grafy:

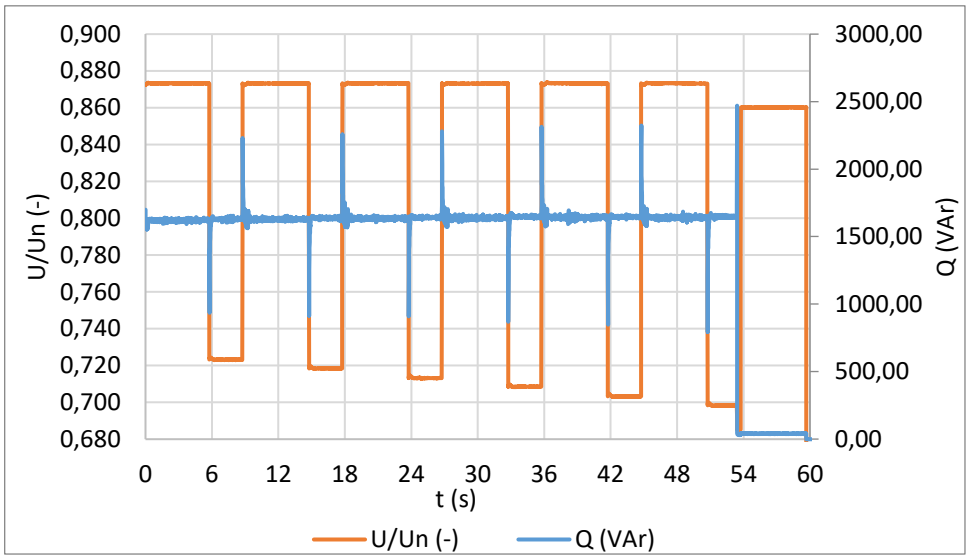


Obr.12.4: 10 min ochrana

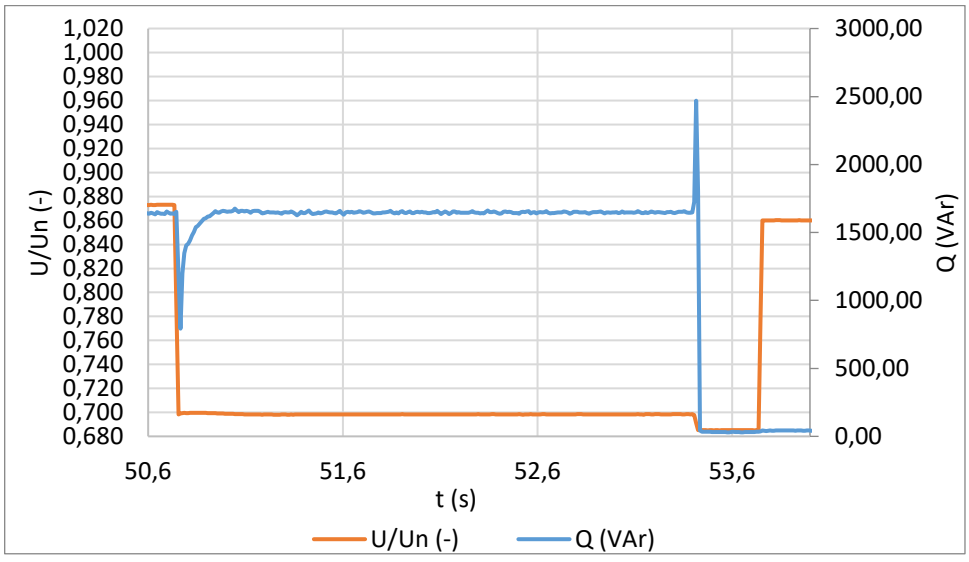
12.5. 1° podpěťové ochrany

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.

Grafy:



Obr.12.5: Podpěťová ochrana 1.stupeň

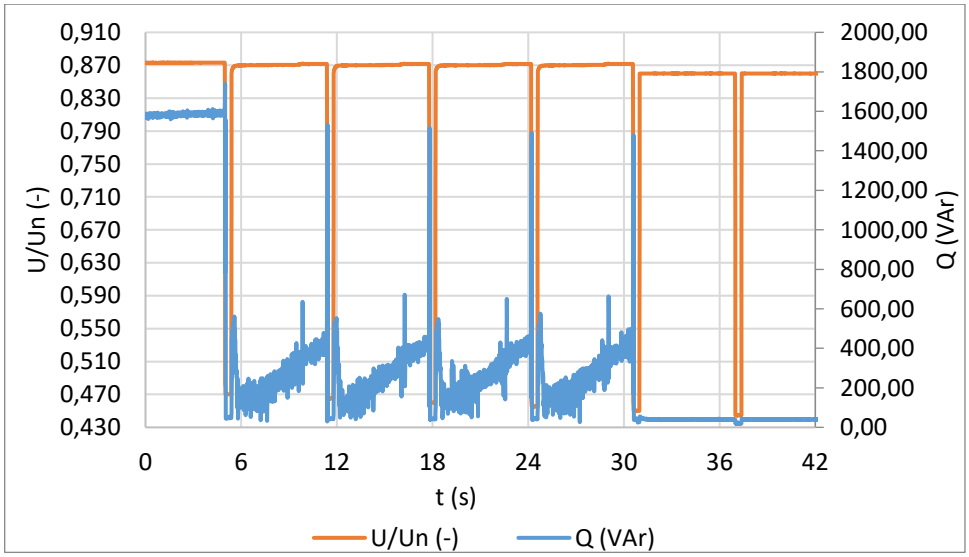


Obr.12.6: Podpěťová ochrana 1. stupeň – detail

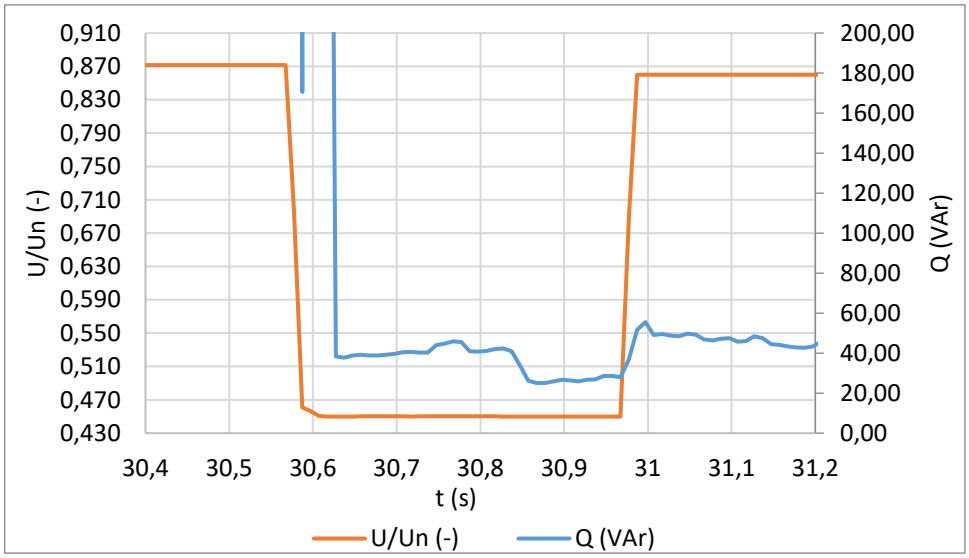
12.6. 2° podpěťové ochrany

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.

Grafy:



Obr.12.7: Podpěťová ochrana 2.stupeň

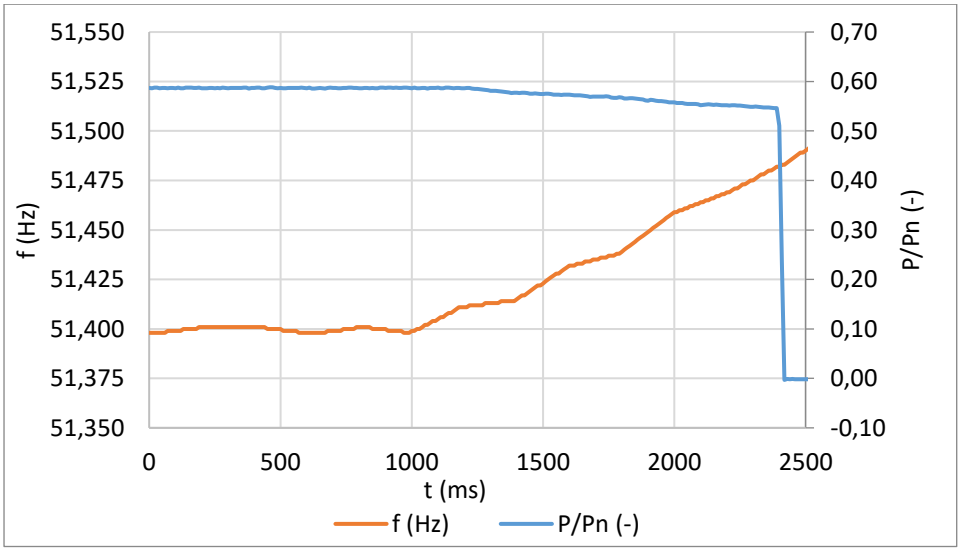


Obr.12.8: Podpěťová ochrana 2.stupeň – detail

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.

Grafy:

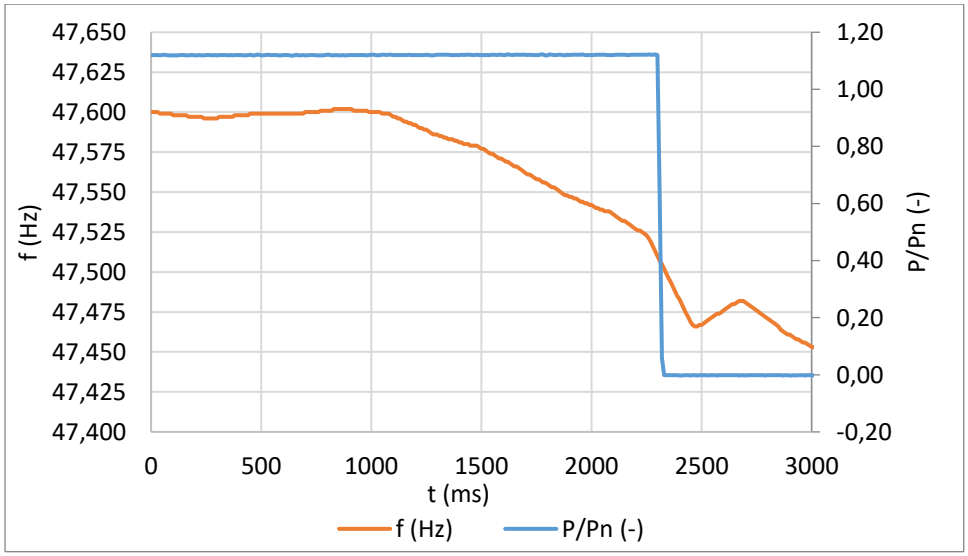


Obr.12.9: Nadfrekvenční ochrana

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° nadpěťová	1,2 Un	1,205 Un	0,1 s	0,14 s	+ 0,2 s	ANO
2° nadpěťová	1,15 Un	1,153 Un	5 s	4,99 s	+ 0,2 s	ANO
10min ochrana	1,11 Un	1,114 Un	10 min průměr	24 s	± 46,5 s	ANO
1° podpěťová	0,7 Un	0,698 Un	2,7 s	2,69 s	+ 0,2 s	ANO
2° podpěťová	0,45 Un	0,45 Un	0,2 s	0,13 s	+ 0,2 s	ANO
Nadfrekvenční	51,5 Hz	51,475 Hz	0,1 s	0,12 s	+ 0,2 s	ANO
Podfrekvenční	47,5 Hz	47,525 Hz	0,1 s	0,1 s	+ 0,2 s	ANO

13. Obnovení činného výkonu po krátkodobém poklesu napětí

Legislativa: PPDS – kap.9.2.2.4; návaznost: RfG -čl.20.3, EN50549 –

13.1. Požadavek

Nesynchronní VM musí po poruše v soustavě (přechodný jev), která nevedla k odpojení VM, obnovit činný výkon na hodnotu před poruchou (nebo na maximální hodnotu s ohledem na dostupný zdroj energie) s dovolenou odchylkou +/-5% do 1 sekundy po dosažení 85% napětí v místě připojení. Pokud VM dodává během poruchy prioritně jalový výkon, obnova činného výkonu se zahájí po dosažení 95% napětí v místě připojení. A ukončí se do 1 s.

13.2. Průběh zkoušky:

Grafy:

Pro VM A1 není vyžadováno.

Obr.13.1: Obnovení činného výkonu po krátkodobém poklesu napětí

13.3. Výsledek:

Napětí	Velikost P	Čas obnovení	Celkové vyhodnocení
> 0,85 Un	1,0 Pn	-	NEHODNOCENO

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 vyhověl ve všech testech.

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)	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

Příloha č.2 – Datasheet

ČLEN SKUPINY E.ON

X1-BOOST G4

	X1-BOOST-2.5K-G4	X1-BOOST-3K-G4	X1-BOOST-3.3K-G4	X1-BOOST-3.6K-G4	X1-BOOST-4K-G4	X1-BOOST-4.2K-G4	X1-BOOST-5K-G4	X1-BOOST-6K-G4
DC VSTUP								
Max. PV výkon [Wp]	6000	6000	6600	7200	8000	8000	10000	12000
Max. Vstupní napětí FV [V]	600	600	600	600	600	600	600	600
Startovací napětí [V]	50	50	50	50	50	50	50	50
Jmenovité vstupní napětí [V]	360	360	360	360	360	360	360	360
Rozsah napětí sledovače MPP [V]	40~560	40~560	40~560	40~560	40~560	40~560	40~560	40~560
Počet sledovačů MPP / řetězec na sledovač MPP	2 / 1							
Max. PV vstupní proud[A]	16 / 16							
Isc PV Array Zkratový proud [A]	22 / 22							
AC VÝSTUP								
Jmenovitý AC výstupní výkon [W]	2500	3000	3300	3680	4000	4200	5000[3]	6000
Jmenovitý AC výstupní proud [A]	10.9	13.1	14.4	16	17.4[4]	18.3	21.7	26.1
Max. Zdánlivý výkon AC výstupu [VA]	2750	3300	3630	4048[5]	4000	4620	5000[3]	6000
Max. AC výstupní proud [A]	12	14.4	15.8	17.6[5]	17.4[4]	20.1	21.7[3]	27.3
Jmenovité střídavé napětí / rozsah střídavého napětí [V] **	220/230/240;90~290							
Nominální frekvence střídavého proudu/frekvenční rozsah střídavého proudu [Hz] **	50/60;±5							
Účiník	0,8 kapacitní ~ 0,8 induktivní							
THDi (jmenovitý výkon) [%]	<3							
SYSTÉMOVÁ DATA								
Max. Účinnost [%]	98							
Euro. Účinnost [%]	97							
Spotřeba v pohotovostním režimu [W] @Noc	<3							
IP ochrana	IP66							
Rozsah provozní okolní teploty [°C]	-25~60							
Max. provozní nadmořská výška [m]	4000							
Relativní vlhkost [%]	0~100							
Typická emise hluku [dB]	25[7]							
Skladovací teplota [°C]	-30~70							
Rozměry (Š x V x H) [mm]	404x274x146							
Váha [kg]	11							
Koncept chlazení	Pasivní chlazení							
Komunikační rozhraní	USB/RS485/DRM, Volitelné: Meter/CT *							
Volitelný monitorovací dongle	Pocket WiFi/LAN/4G							
Zobrazení	2 x LED + LCD (16 x 2) / APP							
OCHRANA								
Ochrana proti přepětí / podpětí	Ano							
Detekce izolace na DC	Ano							
Monitoring unikajících proudů	Ano							
Monitorování AC sítě	Ano							
Monitorování stejnosměrné složky do AC	Ano							
Monitorování proudu zpětného napájení	Ano							
Detekce zbytkového proudu	Ano							
Ochrana proti ostrovu	Ano							
Ochrana proti přehřátí	Ano							
SPD (DC/AC)	Typ II / Typ II (volitelné)							
Přerušovač obvodu při obloukovém zkratu (AFCI)	Volitelný							
AC pomocný napájecí zdroj (APS)	Volitelný							
DC spínač	Volitelný							
STANDARD								
Bezpečnost	IEC / EN 62109-1 / -2							
EMC	EN61000-6-1 / 2 / 3 / 4, EN61000-3-2 / 3 / 11 / 12							
Certifikace	IEC61727, EN50549, G98/G99, AS 4777.2, VDE4105, CEI 0-21, VFR, PPDS, TOR							

* V1.5: Information may be subject to modify without notice.650.00029.00

GBC SOLINO